

# Avvattning av torv i samband med marksanering

Kristin Lundgren

Luleå tekniska universitet  
Civilingenjörsprogrammet  
Samhällsbyggnadsteknik  
Institutionen för Samhällsbyggnad  
Avdelningen för VA-teknik

## FÖRORD

### FÖRORD

Examensarbetet har utförts som avslutning på min utbildning vid Luleå Tekniska Universitet med inriktning mot Teknisk Miljövård.

Att vara delaktig i ett större verkligt saneringsprojekt under examensarbetet har varit engagerande, spännande och lärorikt. Jag vill först och främst tacka Finnveden Metal Structures AB och Louise Johansson, SWECO VIAK, för att jag fick möjlighet att genomföra detta arbete. Vill även tacka Louise för sitt alltid positiva och idérika engagemang till projektet.

Vill också rikta ett tack till personal vid Linneberga avfallsanläggning i Åseda för stort engagemang i torkningen, insamling och leverering av data under fältförsöken. Tack också till Maria Brorsson för din hjälp under laboratorieförsöken i Luleå.

Ett stort tack också till min handledare vid Luleå Tekniska Universitet, Christian Maurice för många bra idéer och synpunkter under projektets försök och rapportskrivande.

För att underlätta läsningen av aktuellt arbete ges här en kort läsanvisning.

En förklaring till de försök som utförts finns i *kapitel 2 – Material och Metodik*. I *kapitel 3 – Resultat* redovisas resultaten av respektive försök. Vidare i *kapitel 4 – Allmän Diskussion* jämförs och diskuteras resultaten, här dras även slutsatser av försöken. I efterföljande bilagor ingår i *bilaga A* resultat, tabeller och diagram från de försök som utförts. I *bilaga B* visas bilder tagna i samband med torkförsök och under saneringen och i *bilaga C* återfinns en litteraturstudie med torvfakta, torkningsmetoder för blöta material, metoder för torvtorkning samt fakta om avdunstningsprocessen.

Jönköping oktober 2007

Kristin Lundgren

### SAMMANFATTNING

Marksaneringar görs idag i syfte att förhindra spridning av föroreningar till människa och miljö. Den vanligaste metoden för marksaneringar är att massor grävs upp och transporteras iväg för behandling. De flesta saneringar i Sverige görs i torra material såsom jord men även saneringar i sediment och andra blöta material genomförs. Vid sanering i blöta material avvattnas ofta materialet för att minska kostnader i samband med transport och förbränning.

Ett material som hög förmåga att binda metalljoner och som dessutom kan hålla kvar mycket vatten är torv. Sanering av förorenad torv kräver därav någon form av avvattning. I denna rapport har olika avvattningstekniker för förorenad torv studerats. Studierna har utförts som litteraturstudier och som laborationer på laboratorium och i fullskala i fält.

De metoder som används inom torvindustrin för avvattning av torv är svåra att tillämpa i samband med sanering av förorenad torv och alternativa tekniker behöver därför tillämpas. Några alternativa avvattningstekniker för torv som studerats är soltorkning och torkning med hjälp av fläktar och värmeslingor. Avvattningsförsök har gjorts på soltorkning av torv.

Resultat från försöken visar att torvens goda förmåga att binda vatten gör materialet svårtorkat. Soltorkning är en metod vars torkresultat främst beror av vädret. De fullskaliga avvattningsförsök som gjordes under maj och juni resulterade som bäst i en sänkning av fukthalten från 85 % till 73 % vilket motsvarar en viktreduktion på 44 %.

Vilken torkmetod som är mest lämplig att använda vid sanering av torv beror bland annat av transporter, torvvolymer, fukthalt, innehåll av mineralpartiklar m.m. Samma metod är inte alltid den mest lämpade att använda och en bedömning utifrån varje saneringsprojekt är därför nödvändig.

## ABSTRACT

### **ABSTRACT**

Soil remediations are done today in purpose to prevent spreading of contaminants and for the general protection of human health and the environment. The most common method for soil remediation is to dig up the contaminated lots and to transport them to a place where treatment is possible. Most remediations in Sweden are done in dry material such as mineral soil, but there are also remediations done in wet materials. To decrease costs connected to remediation in wet material such as transport and incineration, effort are put in to dry the material.

Peat is a material which has a good ability to attract metal ions. Peat also has capacity to hold a lot of water. Because of those properties remediation of contaminated peat needs to be dewatered. In this study different techniques for dewatering contaminated peat has been studied. The studies have been done as literature studies as well as laboratory experiment in a laboratory and out in the field in a full scale project.

Methods used for dewatering of peat in the peat industry are not always suitable when dealing with contaminated peat. Therefore other dewatering techniques are to be investigated. Some alternative dewatering techniques studied in this report are sun drying and drying with fans. Laboratory experiments have been done on sun drying of peat.

Results from the laboratory experiments shows that the ability of peat to hold water makes the material difficult to dry. Sun drying is a method where the weather has a big impact on the result. The full scale dewatering of peat was done during May and June 2007 in Åseda, Småland, southern part of Sweden. The best results from the dewatering in Åseda showed a decrease of moisture content from 85 % to 73 % which corresponds to a 44 % reduce of the weight of the peat.

The most suitable method for dewatering of contaminated peat is difficult to decide and it depends on many objects such as distances for transporting the peat, volumes of peat and moisture content. The best method for dewatering of peat is not always the same and it is always recommended to make an assessment for each remediation project of peat to find out the best dewatering method.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>3</b>
1.1	BAKGRUND	3
1.2	SYFTE	4
1.3	AVGRÄNSNINGAR	5
<b>2</b>	<b>MATERIAL OCH METODIK</b>	<b>6</b>
2.1	TORKFÖRSÖK I LABBSKALA	7
2.1.1	<i>Provtagning</i> .....	7
2.1.2	<i>Bedömning av torvslag</i> .....	7
2.1.3	<i>Torkförsök</i> .....	7
2.1.4	<i>Bestämning av fukthalt och glödförlust</i> .....	11
2.2	TORKFÖRSÖK I FÄLT	13
2.2.1	<i>Torkmetod för fullskalig avvattning</i> .....	13
2.2.2	<i>Bestämning av fukthalt</i> .....	14
2.2.3	<i>Övervakning av meteorologiska data</i> .....	15
<b>3</b>	<b>RESULTAT</b>	<b>16</b>
3.1	LABBFÖRSÖK	16
3.1.1	<i>Bedömning av torvslag</i> .....	16
3.1.2	<i>Bestämning av fukthalt och glödförlust</i> .....	16
3.1.3	<i>Torkförsök</i> .....	17
3.2	FÄLTFÖRSÖK – FULLSKALIG PASSIV AVVATTNING	25
3.2.1	<i>Torkresultat</i> .....	25
3.2.2	<i>Meteorologiska data</i> .....	27
<b>4</b>	<b>ALLMÄN DISKUSSION OCH SLUTSATSER</b>	<b>31</b>
4.1	AVVATTNINGSMETODER FÖR TORV VID SANERING	31
4.1.1	<i>Val av torkmetod i Åseda</i> .....	35
4.2	DISKUSSION KRING FÖRSÖK	35
4.2.1	<i>Metod för labbförsök</i> .....	35
4.2.2	<i>Labbresultat</i> .....	36
4.2.3	<i>Fältförsök</i> .....	38
4.3	JÄMFÖRELSE MELLAN FÄLT OCH LABBFÖRSÖK	40
4.4	ERFARENHETER FRÅN FÄLTFÖRSÖKET	41
4.5	SLUTSATSER	43
	<b>REFERENSER</b>	<b>45</b>

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>BILAGA A – RESULTATTABELLER OCH DIAGRAM</b>	<b>48</b>
A.1    LABBFÖRSÖK	48
A.2    FÄLTFÖRSÖK – FULLSKALIG AVVATTNING	52
<b>BILAGA B - BILDER</b>	<b>53</b>
B.1    LABBFÖRSÖK	53
B.1.1 <i>Provtagning</i> .....	53
B.1.2 <i>Torkförsök</i> .....	54
B.2    FÄLTFÖRSÖK – FULLSKALIG AVVATTNING	55
B.2.1 <i>Torkförsök</i> .....	55
B.2.2 <i>Bilder från schaktning av förorenad torv</i> .....	56
<b>BILAGA C – LITTERATURSTUDIE</b>	<b>58</b>
C.1    TORVFAKTA	58
C.1.1 <i>Torvbildning</i> .....	58
C.1.2 <i>Indelning i olika torvslag</i> .....	59
C.1.3 <i>Torvens kemiska sammansättning</i> .....	62
C.1.4 <i>Upptagningsförmåga av metalljoner</i> .....	64
C.1.5 <i>Förbränningssegenskaper</i> .....	64
C.1.6 <i>Hur vatten binds till torv</i> .....	65
C.2    SANERING OCH AVVATTNING AV BLÖTA MATERIAL	66
C.2.1 <i>Sanering och avvattning av sediment</i> .....	68
C.3    TORKNING AV TORV I SAMBAND MED SANERING	70
C.3.1 <i>Skörd och avvattning inom torvindustrin</i> .....	71
C.3.2 <i>Möjliga avvattningsmetoder i samband med sanering</i> .....	72
C.3.3 <i>Erfarenheter från tidigare torvtorkningsprojekt</i> .....	73
C.4    AVDUNSTNINGSPROCESSEN	74
C.4.1 <i>Beräkning av avdunstning</i> .....	78

# 1 INLEDNING

## 1.1 Bakgrund

I Sverige görs idag marksaneringar på olika platser med syfte att förhindra föroreningar från att spridas till mark och vatten i omgivningen och på så sätt reducera riskerna för människor och miljö. Idag finns ca 83 000 potentiellt förorenade områden i Sverige, varav ca 79 000 är identifierade. Totalt är ca 13 000 av objekten riskklassade enligt MIFO-modellen<sup>1</sup>, rapport 4918, (Naturvårdsverket, NV, 2007). Riskklassningen, 1-4, innebär en samlad bedömning av de risker för människa och miljö som det aktuella objektet medför idag och i framtiden (rapport 4918). Områden klassade som riskklass 1, dvs. de som bedöms utgöra störst risk för miljön och vår hälsa kräver någon form av efterbehandling. Ett sätt att utföra efterbehandlingen på är att schakta bort de massor som innehåller höga halter av föroreningar. I rapport 5637 från Naturvårdsverket (NV 2007), Åtgärdslösningar – erfarenheter och tillgängliga metoder, har olika saneringsstrategier studerats. Av 136 studerade saneringar genomförda mellan 1994 och 2005 användes i 88 % en teknik där de förorenade massorna grävdes upp och transporterades från saneringsområdet för behandling på annan plats, så kallad *ex situ-sanering*. Alternativ till att gräva upp de förorenade massorna och transportera bort dem är *in situ-sanering* då den förorenade jorden behandlas på plats utan föregående uppgrävning samt *on site-sanering* där den förorenade jorden grävs upp och behandlas på plats (NV rapport 5637).

Organiskt material får enligt SFS 2001:512 ”Förordningen om deponering av organiskt avfall” §10 inte deponeras. Vid sanering av organiskt material skickas materialet ofta till förbränning, ett alternativ är att kompostera materialet. Vid sanering av organiskt material som innehåller mycket vatten, t.ex. torv eller bark kan det leda till onödigt höga kostnader i samband med transporter och vid förbränningen. De höga kostnaderna kommer av att transporter och förbränning av material bekostas per viktenhet och inte per volymenhet, ett fuktigt material ger alltså en högre densitet och därav en högre kostnad. För att minska kostnaderna krävs någon form av avvattning av materialet. Syftet med att avvattna materialet är förutom den ekonomiska aspekten att spara miljön i form av transporter samt att få en högre energiutvinning vid förbränningen. Vid saneringar i blöta material måste förutom

---

<sup>1</sup> MIFO, Metodik för inventering av förorenade områden, är en rapport framtagen av Naturvårdsverket. Syftet med rapporten är att den skall fungera som bedömningsgrunder för miljö kvalitet samt som vägledning för insamling av underlagsdata (NV rapport 4918).

## Kapitel 1 – INLEDNING

problematik med avvattning även omhändertagande av lakvatten beaktas. Detta gäller både under själva saneringsarbetet och vid avvattning av materialet.

Endast ett fåtal saneringar i blöta material har gjorts i Sverige idag jämfört med antalet vanliga jordsaneringar. Troligt är dock att fler saneringar i blöta material kommer att genomföras i framtiden. Torv är ett material som har mycket god förmåga att binda vatten, det är dessutom ett material som lätt kan binda tungmetaller, d.v.s. fungera som metalladsorbent. Idag används torv för att rena olika typer av metallförorenat vatten, t.ex. avloppsvatten, dagvatten, lakvatten m.m. Kavahedens avfallsanläggning i Gällivare Kommun är exempel på en deponi som efter luftning och fällning i en lakvattendamm leder vattnet vidare till en närliggande myr för infiltrering. Torvens kombinerade egenskaper, att kunna binda både metaller och vatten gör att torvfilter, oavsett om de är naturliga våtmarker eller konstgjorda filter, förr eller senare kommer innehålla stora mängder föroreningar. Under förutsättning att den förorenade torven inte lämnas i naturen krävs att materialet behandlas och t.ex. förbränns.

Brytning och avvattning av torv inom torvindustrin finns det flera olika tekniker för. Dessa kan dock vara svåra att tillämpa i situationer där man har förorenad torv. De metoder som idag används inom industrin för att torka torv innan förbränning är effektiva och väl utvecklade men ställer också vissa krav på det material som skall torkas. En beprövad metod som används inom torvindustrin för att torka torv är soltorkning.

I Gnosjö i västra Småland har metallförorenat processavloppsvatten under 60- och 70-talet släppts ut till ett intilliggande kärr från en industri med metallbearbetning. De metaller som släppts ut och bundits till torven i kärret och i vattnet är framförallt nickel och koppar. Enligt undersökningar är mängderna av dessa metaller så höga att torven delvis klassas som Farligt Avfall (FA) enligt RVF 2002:09, ”Bedömningsgrunder för förorenade massor”. På grund av risk för läckage av föroreningar till vattendrag och nedströms liggande recipienter har beslut tagits om att området ska saneras. Förorenad torv ska schaktas upp och transporteras till en anläggning för avvattning innan vidare transport till förbränning.

### **1.2 Syfte**

Projektets huvudsyfte har varit att studera och utvärdera olika metoder för avvattning av material med hög fukthalt, såsom torv. Studierna har genomförts som litteraturstudier och

## Kapitel 1 – INLEDNING

genom laborationer i laboratorium och i fältmiljö. Målsättningen har varit att komma fram till ett tillvägagångssätt som för aktuellt material ger så låg fukthalt som möjligt på så kort tid som möjligt.

Syftet med de laborationer som genomförts har varit att undersöka vilka parametrar och i hur stor grad dessa påverkar avvattning av torv genom soltorkning.

Ovan beskriven förorenad torv i Gnosjö skulle avvattnas på ett så tidseffektivt sätt som möjligt. Förutsättningarna vid val av avvattningsmetod var att ca 1500 m<sup>3</sup> torv skulle torkas under ca 2 månader. Till förfogande fanns en asfaltsyta på 3000 m<sup>2</sup>. Ekonomiskt rimliga och tekniskt möjliga tekniker för en snabb och effektiv torkning skulle i denna rapport undersökas.

### **1.3 Avgränsningar**

Det vattenbindande material som studerats i rapporten är framförallt torv. I litteraturstudien har flera olika metoder för torkning av blöta material studerats. Dock har vid laborationerna endast variabler som påverkar avvattning av torv vid soltorkning undersökts. De laborationer som genomförts har endast gjorts med torv från en specifik plats (Gnosjö), torv från andra platser kan ha andra egenskaper och vid torkning uppföra sig annorlunda.

## 2 MATERIAL OCH METODIK

För bestämning av hur torkförsöken skulle utföras genomfördes en litteraturstudie på möjliga torkmetoder. Då ekonomiskt rimliga och tekniskt möjliga metoder skulle undersökas gjordes först en bred undersökning över de tekniker som används inom torvindustrin och andra möjliga torvtorkningstekniker. Det som vid projektets början fanns att tillgå var en stor asfaltsyta på ca 3000 m<sup>2</sup>. Den stora yta som fanns att tillgå kombinerat med att torven skulle torkas under den varmaste och med lägst fukthalt tiden på året gjorde att avvattningen inriktades mot soltorkning. Med soltorkning, se vidare under *Torkförsök i fält* nedan, menas att torven sprids ut på en yta och torkning<sup>2</sup> sker genom avdunstning, fakta kring avdunstningsprocessen se bilaga C.4.

Efter litteraturstudier och muntliga kontakter med personer inom torvbranchen identifierades de faktorer och variabler som antogs kunna påverka soltorkning av torv, se tabell 1. Med faktorer menas något som varierar naturligt och som det inte går att styra, t.ex. vind och temperatur. Variabler däremot kan varieras avsiktligt och går att styra, t.ex. tjocklek på torvlager och omrörningsintervall.

**Tabell 1 Faktorer och variabler som antas påverka soltorkning av torv under bar himmel.**

- Nederbörd
- Temperatur
- Vind
- Luftfuktighet
- Soltimmar/solstrålning
- Tjocklek på torvlager
- Vändning / omrörning med olika intervall
- Humifieringsgrad<sup>3</sup> på torven

---

<sup>2</sup> Orden torkning och avvattning återkommer i rapporten ett flertal gånger. Enligt NE beskrivs avvattning som avlägsnande av vatten (som inte är kemiskt bundet) från ett fast material, tex genom dekantering, centrifugering, filtrering eller kylning. Inom mineralteknik innebär avvattning en minskning av fukthalten i en partikelsamling, den kan göras genom sedimentering, filtrering eller torkning. Ordet torkning används i denna rapport som en form av avvattning. Torkning beskrivs i NE som borttagande av lösningsmedel, i allmänhet vatten från fasta, flytande eller gasformiga ämnen. I allmänhet avses torkning som avdunstning av vätskefasen i en varm gasfas.

<sup>3</sup> Humifieringsgraden beskriver förmultningsgraden, det vill säga hur långt i nedbrytningsprocessen som torven kommit. En låghumifierad torv har identifierbara växtrester medan en höghumifierad torv har mer nedbrutna växtrester som är svåra att identifiera.

I detta kapitel beskrivs de olika torkförsök som utförts med torv dels i mindre skala inne på ett laboratorium och dels i större skala ute i fält. Laborationerna har som ovan beskrivits utgått från att torven skall avvattnas genom soltorkning. Uppställning av torkförsöken gjordes utifrån vilka av de ovan listade parametrar som går att påverka.

### **2.1 Torkförsök i labbskala**

Nedan ges en beskrivning av provtagning, bedömning av torvslag, torkförsök utförda på laboratorium vid Luleå Tekniska Universitet samt metod för bestämning av fukthalt.

#### **2.1.1 Provtagning**

Provtagningen gjordes i Gnosjö den 9 februari 2007, vädret var klart och ca minus 4 °C. Proverna togs på den plats där fullskalig sanering av nickel- och kopparförorenad torv gjordes under maj och juni 2007. Torvprover togs från två olika djup inom kärret, dels från 0-20 centimeter (i rapporten benämnd låghumifierad torv) och dels från 20-50 centimeter under markytan (i rapporten benämnd höghumifierad torv). Proverna togs upp med spade och lades i 3 liters plasthinkar med tättslutande lock, totalt togs 18 liter torv upp från varje djup. Proverna fraktades upp till Luleå och förvarades i slutna plasthinkar i kylrum, plus 4 °C till dess att torkförsöken påbörjades. Innan försök påbörjades med torven blandades alla prover från respektive djup för att få ett så homogent och representativt material som möjligt.

#### **2.1.2 Bedömning av torvslag**

Torvens humifieringsgrad bestämdes enligt von Posts 10 gradiga skala, se bilaga C.1.2, tabell 19. Tre prover från respektive djup, 0-20 cm och 20-50 cm kramades i handen och observationer av urkramat vatten och torv gjordes därefter för jämförelse med von Posts skala.

#### **2.1.3 Torkförsök**

De faktorer och variabler som antogs påverka soltorkning delades in i två grupper utifrån möjligheten att påverka dem under soltorkning utomhus. De båda grupperna var de variabler som går att styra samt de faktorer som inte går eller är svåra att påverka, se tabell 2. Försök med återfuktning, kan ses som ett exempel på hur nederbörd påverkar torkhastigheten. Dock

har inte utförligare försök gjorts gällande nederbörd, varav denna meteorologiska faktor står med i den högra kolumnen.

**Tabell 2 Faktorer och variabler som antogs påverka saltorkning delades in i två grupper utifrån möjligheten att påverka dem.**

Variabler (går att påverka)	Meteorologiska faktorer (går ej/svåra att påverka)
Undersökta i torkförsök	Ej undersökta i försök
Tjocklek på torvlager	Nederbörd
Vändning	Temperatur
Omrörning	Vind
Humifieringsgrad	Luftfuktighet
Återfuktning (nederbörd)	Solstålning/reflektion

Utifrån de variabler som går att påverka i tabell 2 ställdes försök upp för att undersöka hur torvens torkförlopp beror av dem. Bland annat undersöktes hur torvens humifieringsgrad påverkar torkhastigheten. Humifieringsgraden är en variabel som går att studera i mindre torkförsök, dock kan torvens humifieringsgrad ej påverkas eller ändras. För att få bort eventuella felvärden och för att få säkrare resultat genomfördes flera parallella försök under några av torkförsöken.

Hur de fem uppräknade variablerna undersöktes beskrivs utförligare nedan. I försök 1 undersöktes, förutom torkhastighet beroende av tjocklek på torvlager, även hur stor densitets- och volymminskningen var under torkningen. I försök 1 och 2 fylldes runda plaströr med torv. Rören hade en diameter på ca 10 centimeter och var avsågade i olika längder beroende av vilket försök som skulle utföras, alla rör vägdes innan de fylldes med torv. I botten på rören fästes plast för att proverna lätt skulle kunna flyttas och vägas. I plasten gjordes ca 15-20 små hål, på så sätt kunde vatten försvinna dels genom sammanpressning och dränering i botten och dels genom avdunstning på ytan. Rören placerades i plastbackar, varvid utpressat vatten samlades upp. Anledningen till att låta vatten passera genom botten på torvrören var att till så stor del som möjligt efterlikna en verklig avvattning utomhus på en lutande asfaltsyta där vatten skulle kunna pressas ur torven och dräneras bort. Fotografier från försöken se bilaga B.1.2, figur 26 och 27.

## Kapitel 2 – MATERIAL OCH METODIK

Fukthalt på torven bestämdes vid avslutande av varje torkförsök. Fukthaltsbestämningen gjordes enligt SFS laboratoriekommittés anvisningar, se nedan 2.2.4, bestämning av fukthalt och glödförlust.

Tabell 3 visar en sammanställning av de torkförsök som gjorts samt med vilken torv försöken utförts. Alla försök som utförts med båda torvklasserna, 0-20 cm och 20-50 cm, ger en jämförelse av låg och höghumifierad torv. Noteras kan att torktemperatur och torktid har varierat under försöken.

**Tabell 3 Sammanställning av de torkförsök som utförts på laboratorium.**  
**Torvegenskaper markerade med kursiv stil har analyserats utifrån försök 1.**

	Torvklass		Torktemperatur	Torktid
	0-20	20-50		
Försök 1:				
Tjocklek på torvlager	Ja	Ja	+ 30 °C	25 dygn
<i>Vattenförlust/dygn</i>				
<i>Densitetsminskning</i>				
<i>Volymminskning</i>				
Försök 2:				
Vändning	Nej	Ja	+ 30 °C	25 dygn
Försök 3:				
Omrörning	Nej	Ja	+ 60 °C	6 dygn
Försök 4:				
Torkning – återfuktning - torkning	Ja	Ja	+ 105 °C	1 dygn

### *Försök 1. Tjocklek på torvlager*

Torkningstiden för torv beroende av hur tjocka lager torv som torkas studerades i detta försök. Plaströr med olika höjder: 5, 10, 15 respektive 20 cm försågs med plast i botten och med hål för dränering enligt ovan beskrivning, rördiametern var 10 cm. Rören fylldes med torv, se figur 1. Försöket gjordes på låg- och höghumifierad torv. Åtta rör med torv placerade i en plastback ställdes i ett rum med konstant temperatur, + 30 °C. Temperaturen valdes utifrån möjligheten att torka torven i ett rum med konstant temperatur.

De åtta rören vägdes varje vardag under ca 4 veckor och observationer från torkningen noterades, eventuellt vatten som dränerats från torven hölls vid vägningen bort, på så sätt stod inte torvrören i vatten under längre tid. Vid slutet av försöket mättes volymen på den ”torvkaka” som bildats i 5 cm-rören för beräkning av volymminskning.



**Figur 1** Torkförsök med torv i olika tjocka lager. Fyra plaströr 5, 10, 15 och 20 cm höga är på bilden fyllda med höghumifierad torv, 20-50 cm.

### *Försök 2. Vändning*

Försöket syftade till att studera hur vändning av torvrören påverkade torktiden. Två rör med 10 cm höjd och med plast i botten samt hål för dränering, fylldes med låg- respektive höghumifierad torv. Rören placerades på en bricka som ställdes i ett rum med konstant temperatur, + 30 °C. Torvpelarna vändes (utan omrörning) och vägdes varje vardag under ca 4 veckor. Vändningen gjordes genom att plast med hål i placerades överst på röret varpå hela röret vändes och bottenplasten avlägsnades.

## Kapitel 2 – MATERIAL OCH METODIK

### *Försök 3. Omrörning*

Syftet med detta försök var att se hur omrörning med olika intervall påverkade torktiden på torven. Cirka 100 g torv placerades i deglar som torkades i torkugn, + 60 °C. Torv torkades i sex olika deglar, varav hälften var låg- och hälften var höghumifierad torv. Deglarna omrördes med olika intervall: 2 gånger/dygn, 1 gång/dygn samt varannan dag. Ett referensprov för låg- och öghumifierad torv torkades parallellt utan omrörning. Omrörningen gjordes genom att deglarna togs ut ur ugnen och omrördes med en sked. Vid varje omrörning, två gånger per dygn, vägdes alla deglarna. Försöket pågick under sex dygn, till dess att fukthalten i torven var lika med noll.

### *Försök 4. Återfuktning*

Försök med återfuktning av torv gjordes i syfte att undersöka hur nederbörd påverkar torkhastigheten. Det vill säga, om torven återfuktas genom regn, till en fukthalt som torven hade vid försökets början, går då torkförloppet snabbare, lika fort eller långsammare än vid torkning innan regnet.

Försöket genomfördes på låg- och höghumifierad torv och av varje torvsort i tre parallella försök. Sex deglar, tre med låg- och tre med höghumifierad torv, fylldes vardera med ca 100 g torv. Deglarna placerades i en ugn med temperaturen + 105 °C. Efter 12 timmar, med vägning varje timme, togs deglarna ur ugnen och övertäcktes. Nästkommande dag ”vattnades” varje degel med en blomspruta till dess att varje degel fick samma vikt som vid försökets början. Provet fukthalt var då densamma som dag ett vid tiden noll. Därefter placerades provet på nytt i en ugn med temperaturen + 105 °C. Provet torkades under ytterligare 12 timmar med vägning varje timme. Den frekventa vägningen gjordes för att urskilja skillnader mellan torkförloppet dag ett och dag två.

#### **2.1.4 Bestämning av fukthalt och glödförlust**

Massan av torvmaterial som inte består av vatten eller luft kallas torrsubstans (TS). Torvens torrsubstans (TS), vattenkvot och fukthalt har i försöken bestämts enligt Svenska Geotekniska Föreningens (SGF) laboratoriekommittés anvisningar. Varje torvprov placeras i en degel som vägs först utan och sedan med torv. Därefter placeras degel med torv i en ugn med konstant temperatur på + 105 °C. Efter torkning i 24 timmar vägs degel och torvprov varefter torvens olika halter kan bestämmas enligt formel 1-3 nedan.

$$w = \frac{m_w}{m_s} \quad (\text{Formel 1})$$

$$F = \frac{m_w}{m_w + m_s} \times 100 \quad (\text{Formel 2})$$

$$TS = \frac{m_s}{m_w + m_s} \times 100 \quad (\text{Formel 3})$$

$m_w$  = massa vatten [g]

$m_s$  = massa torrsubstans [g]

$w$  = vattenkvot [g vatten/ g TS]

$F$  = fukthalt [%]

$TS$  = torrsubstans [%]

I rapporten används fukthalt istället för torrsubstans. Anledningen är att vid avvattning av torv är den totala fukthalten, det vill säga hur många procent vatten ett material består av, av större intresse än den totala TS-halten. Vattenförlusten mättes regelbundet och fukthalten beräknades med hjälp av den TS-halt som erhöles i det sista torkningssteget.

Utöver bestämning av fukthalt har även glödförlust bestämts genom analys på laboratorium. Glödförlust är ett mått på den mängd organiskt material som ett prov innehåller, det vill säga den mängd av provet som förbränns under testet. Analyserna på laboratorium gjordes enligt SS 028113 där prov glödgas i ugn i + 500 °C. Tre samlingsprover av torv, 2 stycken på IFA (Icke Farligt Avfall) och ett på FA (Farligt Avfall), från Åseda skickades för analys på fukthalt och glödförlust. Torven som analyserades låg på hög i väntan på saltorkning varvid fukthalten kan skilja något från den ursprungliga.

## 2.2 Torkförsök i fält

Nedan beskrivs hur torkning av torv har genomförts i ett fullskaleprojekt i Åseda, sydöstra Småland. Fotografier från fullskaletorkningen i Åseda, samt från torvområdet och schaktningen i Gnosjö återfinns i bilaga B.2.1, figur 28-30.

Torven som schaktades upp vid sanering i Gnosjö och som transporterades till Åseda för avvattning var förorenad av i huvudsak nickel men även koppar. Den torv, totalt ca 3 000 m<sup>3</sup>, som omhändertogs i Åseda var klassad i två olika klasser, dels som FA, ca 2 200 m<sup>3</sup>, och dels som IFA, ca 800 m<sup>3</sup>. Den totala schaktade torvmängden ökade under saneringen, från uppskattade 1500 m<sup>3</sup> till 3000 m<sup>3</sup>. Den uppskattade mängden gjordes utifrån en översiktlig undersökning 2003 och den främsta anledningen till de ökade torvmängderna var att höga halter nickel hittades på större djup än tidigare analyser visat. Indelningen i klasser gjordes utifrån de totala halterna av nickel och koppar. De båda torvklasserna hanterades separat under schaktning och avvattning. Vid ankomst till Åseda lades torv klassad som Farligt Avfall på en svagt lutande betongplatta där omhändertagande av lakvatten var möjlig. Torv klassad som Icke Farligt Avfall lades på en svagt lutande asfaltsyta. Båda högarna med torv låg öppet, ej skyddade för regn. Ingen uppdelning gjordes av torv från olika nivåer under schaktningen och därav inte heller under torkningen, all torv med samma klass lades i samma hög.

### 2.2.1 Torkmetod för fullskalig avvattning

Torven lades ut för torkning i omgångar på en asfaltsyta, ca 2 000 m<sup>2</sup>, med en hjullastare. Den optimala tjockleken på torvlagret som skulle torkas var bedömt efter laborationer och erfarenheter inom torvbranchen till att vara ca 10 cm. På grund av de maskiner som fanns att tillgå samt att materialet innehöll större stenar, grenar och rötter var det svårt att lägga ut 10 cm lager, tjockleken på den utlagda torven varierade mellan 10-20 cm.

Under torkningen vändes torven en gång per arbetsdag. Det gjordes med hjälp av en hjullastare som körde ihop den utspridda torven till en hög för att sedan sprida ut den på samma yta igen. Under det att torven vändes och samtidigt blandades något, plockades större stenar, grenar och rötter bort med hjullastaren. Den yta där torven legat utspridd fick ingen möjlighet att torka upp innan torven på nytt spreds ut där.

Försök gjordes att påskynda torkprocessen genom att köra torvmaterialet genom en Remu-skopa. Metoden syftade till att fördela större klumpar i torvmaterialet till ett mer finfördelat material som torkar fortare, se figur 2.



**Figur 2** Visar principiellt hur en Remuskopa fungerar, material sönderdelas och större stenar, grenar m.m. avskiljs i skopan.

För att kontrollera torvens fukthalt togs dagligen, vid samma tidpunkt, prover på den torv som låg utlagd för torkning, se bestämning av fukthalt nedan. Då uppsatt mål för fukthalten uppnåts lades torven i en hög och presenningar placerades över för att undvika återfuktning genom nederbörd i väntan på transport till förbränning. Det initiala målet var att få ner fukthalten till under 60 % innan torkningen avbröts. Efter ca fem veckors avvattning i fullskala övergick målet till att få en viktminskning på minst 25 %. Fukthalten 60 % var satt utifrån krav från den förbränningsanläggning som skulle ta emot den torkade torven. En viktminskning med 25 % var den nivå när avvattningen fortfarande var ekonomiskt lönsam med viss marginal.

### **2.2.2 Bestämning av fukthalt**

Bestämning av fukthalt gjordes på liknande sätt som vid torkförsök i labbskala. För att få en så representativt fukthalt som möjligt bestod provet av torv hämtat från 3-5 olika slumpmässiga ställen på den yta där torven låg utlagd för torkning, provet blandades, placerades i tre aluminiumformar och vägdes innan det placerades i en torkugn, + 105 °C. Efter 24 timmar

vägdes proverna igen och fukthalten bestämdes som ett medel av de tre proven . Varje prov vägde innan torkning ca 300-400g.

### 2.2.3 Övervakning av meteorologiska data

En övervakning av vädret gjordes främst för beslut om torven skulle köras ihop och läggas på hög istället för att ligga utspridd, detta för att undvika omfattande återfuktning vid nederbörd. Väderprognoser på SMHI:s hemsida bevakades och observationer i Åseda gjordes dagligen (vardagar). Vid misstanke om regn samlades den torv som låg utspridd för torkning ihop och lades istället på hög. Den torv som ännu inte lagts ut för avvattning berördes inte av väderprognoserna utan låg i högar hela tiden.

För utvärdering av torkresultat i förhållande till meteorologiska faktorer har data från SMHI:s väderstationer använts. De meteorologiska data som erhållits för maj och juni under 2007 var dygns- och månadsmedelsvärden för:

- Temperatur
- Nederbörd
- Luftfuktighet
- Vindhastighet
- Molnmängd

Data för de olika faktorerna är hämtade från följande väderstationer i närheten av Åseda, Växjö 50 km sydväst om Åseda, Korsberga 20 km väster om Åseda och Målilla 40 km nordöst om Åseda. För att utvärdera resultat av torkning i förhållande till ett ”normalår” erhöles även normalmånadsvärden för respektive väderfaktor.

### 3 RESULTAT

I följande avsnitt beskrivs resultat för de mätningar och försök som genomförts dels i laborativ miljö och dels i fältmiljö.

#### 3.1 Labbförsök

##### 3.1.1 Bedömning av torvslag

Humifieringsgraden av den torv som använts under försöken skiljer sig beroende av från vilket djup torven är hämtad. De torvprover som använts i försöken bedöms från djupet 0-20 cm ha en humifieringsgrad som motsvarar H3 och torv från djupet 20-50 cm bedöms ha en humifieringsgrad motsvarande H5 på skalan H1-H10, se tabell 19 i bilaga C. I rapporten benämns torv från de två olika nivåerna, 0-20 cm och 20-50 cm som torv med olika torvkvaliteter.

##### 3.1.2 Bestämning av fukthalt och glödförlust

Beroende av torvens egenskaper, innehåller torv från olika platser och olika djup, olika andel vatten. Under tiden som torkförsöken utförts har försök på torvens fukthalt gjorts. I tabell 1 presenteras de tre prover som skickats för analys avseende fukthalt och glödförlust på laboratorium. Övriga fukthalter har under försöken visat ett medelvärde för torv 0-20 cm på 93 % och för torv 20-50 cm på 88 %.

**Tabell 4** Fukthalt och glödförlust på tre torvprover från Åseda. Mätosäkerhet på fukthalt och glödförlust är 10%. IFA = Icke Farligt Avfall och FA = Farligt Avfall

	Fukthalt	Glödförlust
	%	%
IFA 1	88,5	51,9
IFA 2	75,5	62,7
FA 1	85,4	86,8

Resultat från glödförluster visar att torven inte enbart innehåller organiskt material. Den mängd material som inte förbränts vid testet, 48,1 %, 37,3 % respektive 13,2 % är oorganiskt material.

### 3.1.3 Torkförsök

Nedan presenteras resultat från de torkförsök som utförts i labbskala. Försöken beskrivs i ordning 1 till 4 i text, diagram och tabeller.

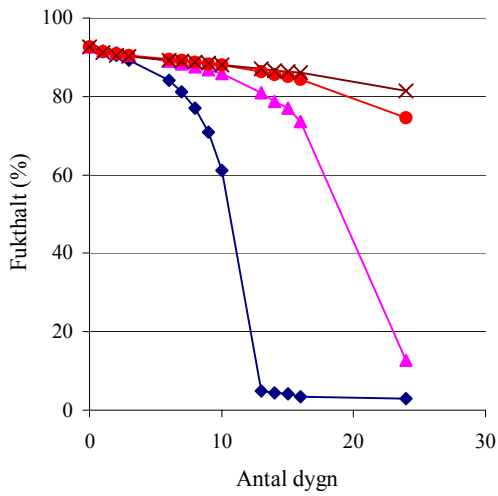
#### *Försök 1. Tjocklek på torvlager*

Med hjälp av resultat från vägningarna under försök 1 har olika beräkningar på torven utförts. Förutom resultat på torkning av olika tjocka torvlager presenteras resultat för vattenförlust i % och gram per dygn, ackumulerad viktninskning, volymminskning samt förändring av densitet under torkning.

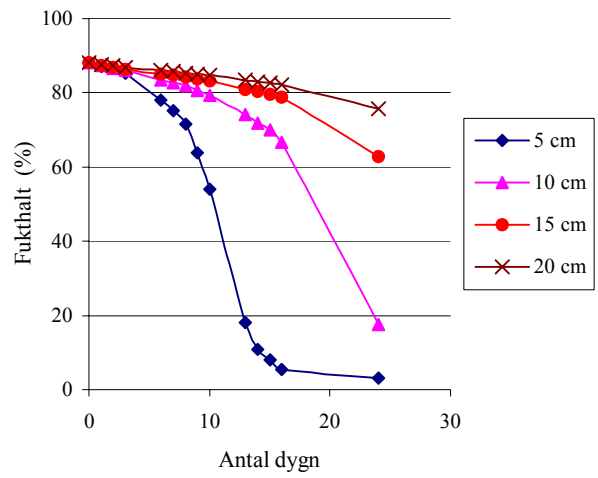
Observationer gjordes under torkförloppet för torv i olika tjocka lager. De första tre-fyra dyggen avgick vatten från alla torvprover genom dräneringen i botten på rören, det vill säga genom den plast som försetts med små hål. Efter cirka fyra dygn observerades inget vatten i botten på den plastback där proverna placerats. Vatten som avgått därefter antas bero av avdunstning.

Figur 3 och 4 visar torkförloppet för olika torktjocklekar av de två torvkviteterna. I båda figurerna kan utläsas att det går fortast att torka torv i tunna skikt, 5 cm. Torvklasserna, 0-20 cm och 20-50 cm, har båda efter ca 14 dagar nått en fukthalt på under 10 % med 5 cm tjock torv. Vid jämförelse mellan 5 och 10 cm torv tar det för båda torvkviteterna ca 85 %, eller nästan dubbelt så lång tid, för torv 10 cm att komma ner i 20 % fukthalt.

### Kapitel 3 – RESULTAT

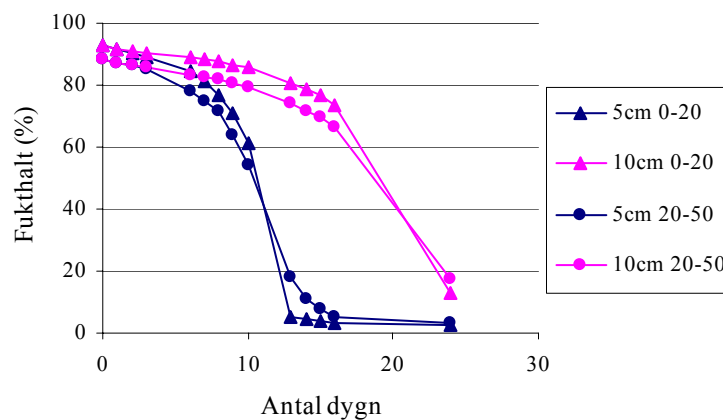


**Figur 3** Förändring av fukthalt i torv 0-20 cm under torkning i 30 °C med olika tjocklek.



**Figur 4** Förändring av fukthalt i torv 20-50 cm under torkning i 30 °C med olika tjocklek

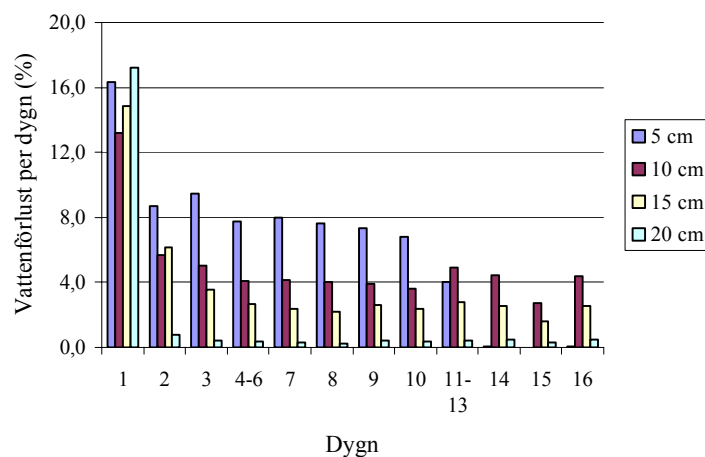
I figur 5 har en jämförelse gjorts mellan torv 0-20 cm och 20-50 cm på 5 och 10 cm tjock torv. Skillnaden mellan de båda torvqualiteterna, 0-20 cm och 20-50 cm är mycket liten gällande torktiden för lika tjocka torvlager.



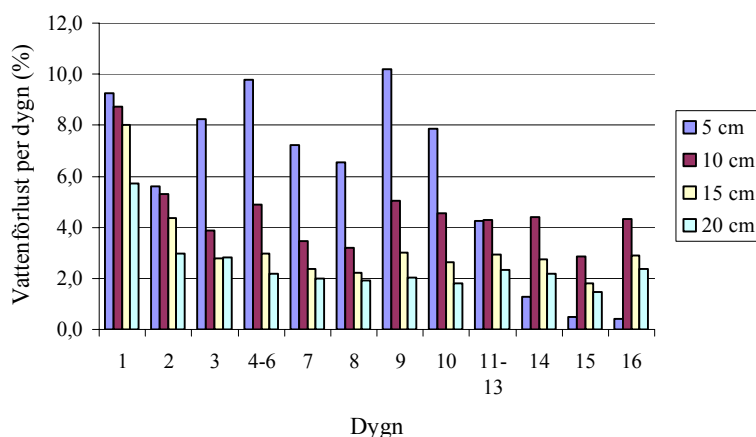
**Figur 5** Jämförelse av torkförlopp mellan torv 0-20 cm och 20-50 cm vid torkning i 5 cm respektive 10 cm tjockt lager.

### Kapitel 3 – RESULTAT

Resultat från vattenförlust i % per dygn i förhållande till den totala halten vatten vid försökets början redovisas i figur 6 och 7. Figurerna visar något olika trender, i 5 cm tjock torv från 0-20 cm försvinner mest vatten, ca 16 %, under det första dygnet för att sedan ge en jämnare vattenreduktion. I 5 cm tjock torv 20-50 cm är vattenförlusten jämnare, under ca 10 dygn varierar vattenförlusten mellan 7-10 %. En slutsats av diagrammen är att vatten lättare lämnar en låghumifierad torv under det första dygnet genom dränering.



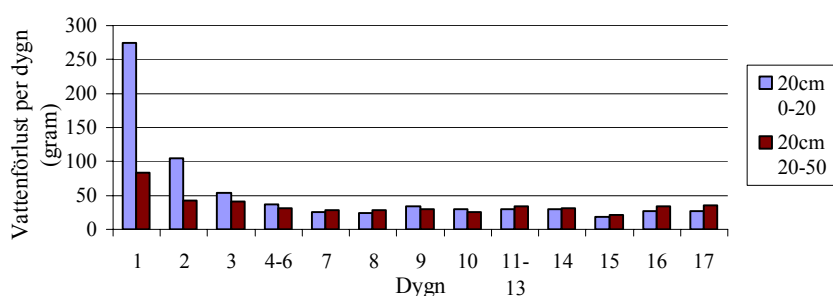
**Figur 6** Total vattenförlust i % under 16 dygn för torv 0-20 cm. Summan av alla staplar för torv i 5 cm tjockt lager är 100 %, d.v.s. allt vatten har avgått.



**Figur 7** Total vattenförlust i % under 16 dygn för torv 20-50. Summan av alla staplar för torv i 5 cm tjockt lager är 100 %, d.v.s. allt vatten har avgått.

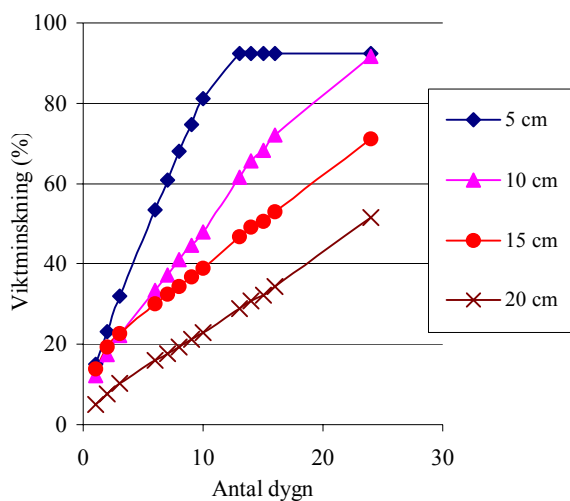
### Kapitel 3 – RESULTAT

Figur 8 visar vattenförlust i gram per dygn under torkning av 20 cm tjockt lager av torv. I figuren jämförs torvprov från 0-20 cm med torv från 20-50 cm djup. Staplarna visar, på samma sätt som figur 5 och 6, att mer vatten försvinner under det första dygnet i torv från 0-20 cm. Resultatet visar att vattnet sitter hårdare bundet till torv från 20-50 cm och inte lika lätt lämnar torven till följd av naturlig sammanpressning. I bilaga A återfinns diagram där torv från båda nivåerna, 0-20 cm och 20-50 cm som torkats i olika tjocklekar visas på motsvarande sätt som i figur 8. Där hittas även jämförelse av vattenförlust för varje torvqualität med olika torvtjocklekar.

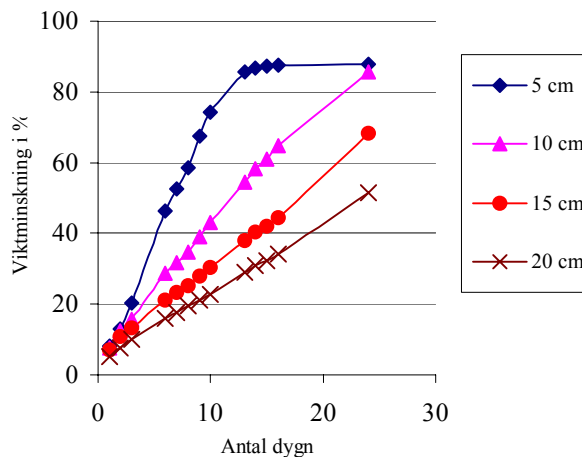


**Figur 8** Jämförelse av vattenförlust i gram per dygn mellan torv från 0-20 cm och torv från 20-50 cm under torkning av torv i 20 cm tjockt lager. Torkningen gjordes i + 30 °C under 17 dygn.

Vid granskning av resultat från ackumulerad viktninskning i %, redovisad i figur 9 och 10, framgår att ackumulerad viktninskning är relativt konstant med tiden för respektive prov. De olika tjocklekarna på torven gör att vattenavgången tar längre tid för de tjockare torvlagren. För torv i 5 cm lager är viktninskningen avtagande mot slutet av torkförloppet för att sedan helt avta när endast torrsubstans återstår.



**Figur 9** Ackumulerad viktminskning i % vid torkning av torv från 0-20 cm i olika tjocka lager, torkning i +30 °C.



**Figur 10** Ackumulerad viktminskning i % vid torkning av torv 20-50 cm i olika tjocka lager, torkning i +30 °C.

Torv som torkas utan omrörning minskar tydligt i volym och liknar efter torkningen en hård torr kaka. Volymminskning på torv, torkad i 5 cm tjockt torvlager, som inte rörts är ca 80 %, se tabell 5. Torven hade vid försökets början en fukthalt på ca 90 % och vid försökets slut 0 %.

**Tabell 5** Volymminskning under torkning utan omrörning.

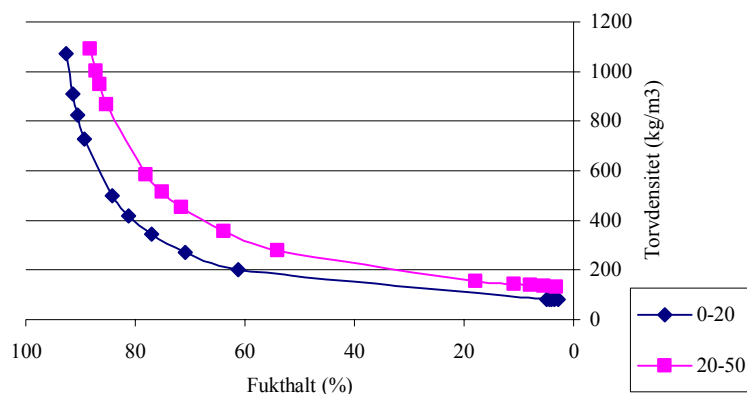
	Torrvolym		Volymminskning
	före torkning	efter torkning	
	dm <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	%
Torv 0-20, 5 cm	0,39	0,077	80
Torv 20-50, 5 cm	0,39	0,085	78

*Torvdensitet*

Torvdensitet vid olika fukthalter visas i figur 11 samt i tabell 6. Torvens densitet är inte direkt proportionell mot fukthalten. Den djupare torven, 20-50 cm, har vid samma fukthalt som yttlig

## Kapitel 3 – RESULTAT

torv 0-20 cm en högre densitet, denna skillnad minskar dock med minskad fukthalt. I tabell 6 kan utläsas att 60 % fukthalt ger densiteten 200 kg/m<sup>3</sup> för torv 0-20 cm och 330 kg/m<sup>3</sup> för torv 20-50 cm.



**Figur 11 Jämförelse av torvdensitet mellan torv från 0-20 cm och torv från 20-50 cm vid olika fukthalter.**

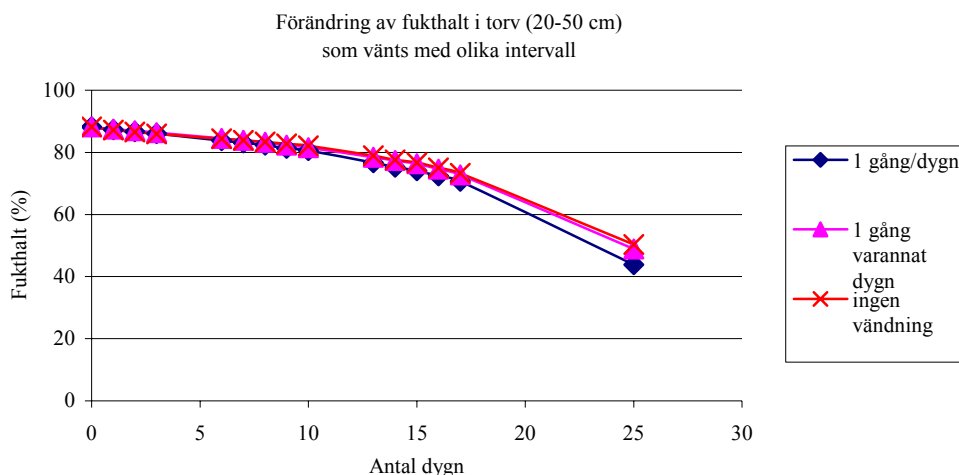
Densiteten i naturligt tillstånd på den torv som användes i försöken beräknades till ca 1 080 kg/m<sup>3</sup> för torv från 0-20 cm och till 1 070 kg/m<sup>3</sup> för torv från 20-50 cm. Beräkningarna gjordes efter vägning och volymberäkning av torven i de sex platshinkar (vardera 3 liter) som torven vid provtagningen lades i.

**Tabell 6 Torvvikt innan torkning samt vid 80, 60 och 40 % fukthalt, data hämtat från figur 11.**

	Torvdensitet vid	Fukthalt vid	Torvdensitet vid olika fukthalter		
	försökets början	försökets början	försökets början		
	kg/m <sup>3</sup>	%	kg/m <sup>3</sup>		
			80 %	60 %	40 %
Torv 0-20 cm	1 080	92	400	200	160
Torv 20-50 cm	1 070	88	700	330	230

### Försök 2. Vändning

Torv som under torkningen har vänts visar endast en marginellt förkortad torktid. Skillnaden i torktid mellan vändning varje dygn, vartannat dygn och ingen vändning i figur 12 är liten. Resultatet kan tolkas som att vändning inte påverkar torktiden.

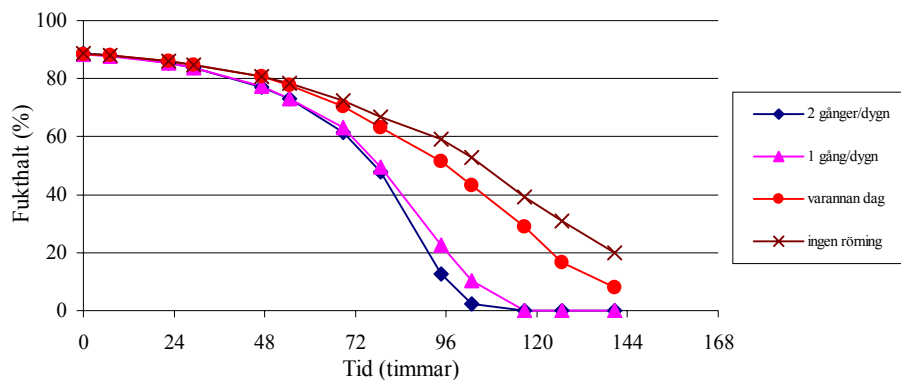


**Figur 12** Förändring av fukthalt i torv som vänts med olika intervall, 1 gång/dygn och 1 gång vartannat dygn. Ett referensprov där torv inte väntes fanns med i försöket. Torkning i + 30 °C under 25 dygn.

### Försök 3. Omrörning

Resultat från försök med omrörning visar att om torvmaterialet omblandas under torkningen förkortas torktiden. Jämförelse mellan omrörning 2 gånger/dygn och ingen omrörning av ett torvprov visar att torktiden förkortas med ca 35 % på det prov som rörts om. Jämförelsen är gjord på en minskning av fukthalten från 90 % till 20 % i figur 12. I figur 13 syns också att omrörning 2 gånger/dygn inte ger någon avsevärt kortare torktid än det prov som rörts 1 gång/dygn. Omrörning varannan dag ger en förkortad torktid på ca 11 % vid samma jämförelse som ovan med det prov som inte rörts om.

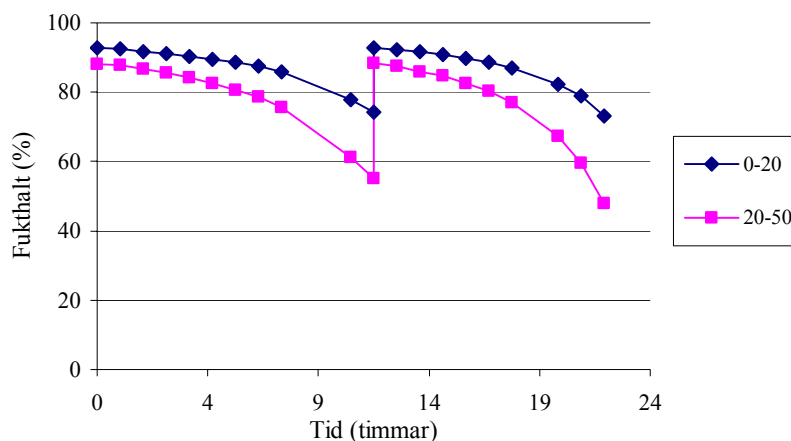
Observationer från försök 3 med omrörning visar att torv som rörts om under torkningen får ungefär samma volym innan som efter torkningen, dock som ett betydligt mer poröst material.



**Figur 13 Förändring av fukthalt i torv från 20-50 cm som rördes om med olika intervall: 2 gånger/dygn, 1 gång/dygn samt varannan dag Ett referensprov där torv inte rördes om fanns med i försöket. Torkning i + 60 °C under 6 dygn.**

#### *Försök 4. Torkning – återfuktning – torkning*

Torkning, återfuktning och torkning igen av torv visar att torkförloppet går något fortare under den andra torkningen. I bilaga A återfinns diagram med resultat från tre parallella försök på respektive torvslag. De tre resultaten varierar endast marginellt, värden i figur 14 är medelvärden från de tre försöken. Mellan torven från djupen 0-20 cm och 20-50 cm finns ingen tydlig skillnad vid återfuktning och torkning en andra gång. Vid jämförelse av torktider tar det för torv 0-20 ca 10 timmar att komma ner till fukthalten 80 % vid första torkomgången och 8,5 timmar andra gången. Samma jämförelse för torv 20-50 ner till 60 % fukthalt visar att det tar 11 timmar första gången och 9 timmar andra gången.



**Figur 14** Torkning – återfuktning – torkning av torv från 0-20 cm och torv från 20-50 cm. Torkning i + 105 grader C under 24 timmar. Vatten tillsattes efter 12 timmar. Medelvärden från tre parallella försök presenteras i figuren.

### 3.2 Fältförsök – fullskalig passiv avvattning

Avvattningen vid Åseda avfallsanläggning har utförts med torv schaktad från 0 till ca 1,7 m djup. Materialet har därav varit en blandning av torv med olika humifieringsgrad. Avvattningen har utförts i omgångar där ca 150-200 m<sup>3</sup> torv avvattnats i varje omgång. Totalt utfördes fyra avvattningsomgångar innan försöken avbröts på grund av nederbörd. Resultat från de avvattningsomgångar som genomförts presenteras nedan följt av meteorologiska data.

#### 3.2.1 Torkresultat

Data från saneringen och avvattningen presenteras i tabell 7. Sten och grus observerades i den torv som saltorkades.

## Kapitel 3 – RESULTAT

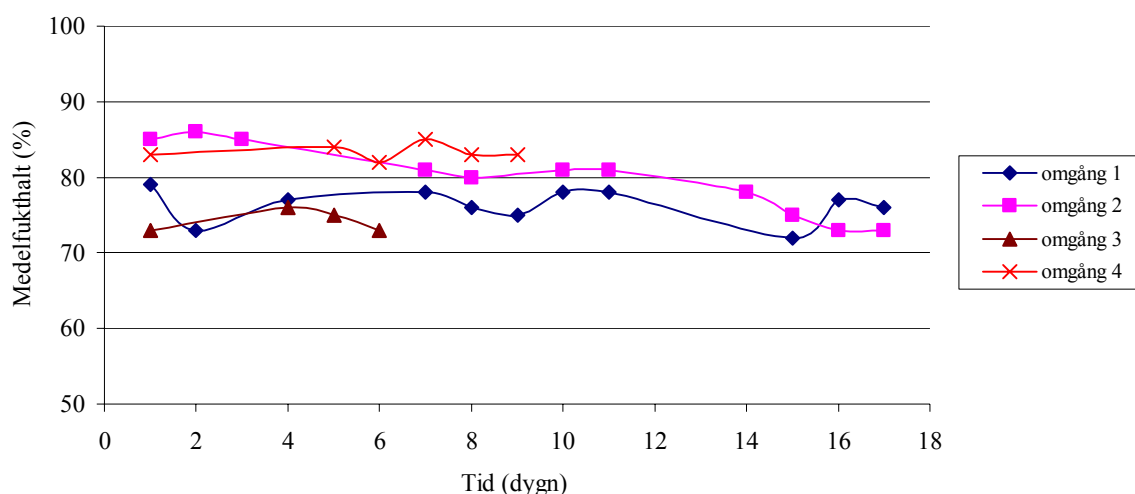
**Tabell 7** Torvdata från fullskalig sanering. FA = Farligt avfall, IFA = Icke farligt avfall.

	Torv		
	IFA	FA	Totalt
Total volym (m <sup>3</sup> )	2120	880	3000
Total vikt (ton)	1800	747	2547
Total torkad mängd (m <sup>3</sup> )	650	0	650
Densitet* (ton/m <sup>3</sup> )	0,8-0,84		

\* Densiteten är beräknad på torv vid ankomst till Åseda avfallsanläggning utifrån invägningar på lastbilar. Kolla att detta stämmer!

Observationer gjordes under fältförsöken i Åseda. En blöt kant runt torvhögarna, där torven förvarades i väntan på utläggning för avvattning observerades. Noterades kunde också att det ibland stod vatten i torvhögarna under längre tid, till exempel vid ogynnsamma torkförhållanden såsom regn.

I figur 15 visas hur medelfukthalten varierar under de fyra avvattningsomgångarna, notera att skalan på den vänstra axeln sträcker sig mellan 50 % och 100 % fukthalt. De fyra omgångarna visar ingen tydlig gemensam trend avseende torkningen utan varierar i fukthalt mellan 70 % och 90 % under hela torkförloppet.



**Figur 15** Medelfukthalt under fullskalig passiv avvattning. Diagrammet visar hur medelfukthalten varierar under de fyra torkomgångarna. Observera att skalan på vänsteraxeln är från 50 % till 100 % fukthalt.

## Kapitel 3 – RESULTAT

I tabell 8 sammanställs resultat från torkomgångarna med start och slutvärde av fukthalten på torven, även torkperiod och total viktminskning i procent redovisas. Startfukthalten på den torv som torkades i omgång 1-4 varierade mellan 73 % och 85 %. Inte vid någon av de fyra torkomgångarna uppnåddes det första uppsatta målet med att komma under 60 % fukthalt. Det senare målet, en viktreduktion på minst 25 % uppnåddes i torkomgång 2, där viktreduktionen blev 44 %. Den initiala fukthalten i omgång 2 var 85 % och är torkningen avbröts 73 %, se tabell 8. Under torkomgång 3 och 4 skedde ingen förändring av fukthalt och därav inte heller någon viktminskning. Se vidare tabell 9 och 10 för data på temperatur, nederbörd och luftfuktighet under de 4 torkomgångarna.

**Tabell 8** Tabellen visar en sammanställning av de avvattningsomgångar som genomfördes i Åseda.

Avvattningsomgång	Medelfukthalt		Torktid period	Viktminskning	
	Start %	Slut %		dygn	%
1	79	76	15-maj – 31-maj	16	13
2	85	73	29-maj – 14-jun	16	44
3	73	73	15 jun – 20-jun	5	0
4	83	83	21 jun – 29-jun	8	0

Försöken med att använda en Remuskopa gav inga positiva resultat. Metoden finfördelade materialet med arbetet var mycket tidskrävande, bland annat för att torven var så blöt att den fastnade i skopan men även föra att torven innehöll en del kvistar, grenar och sten som försvårade arbetet.

### 3.2.2 Meteorologiska data

Tabell 9 och 10 ger en sammanfattande överblick av meteorologiska faktorer under torkperioden 15 maj till 20 juni. För varje torkomgång anges medel-, max- och min-värden för parametrarna temperatur, total nederbörd, luftfuktighet, molnmängd och vindhastighet. Alla parametrar förutom nederbörd baseras på medeldygnsvärden, nederbörden anges som total i mm. Luftfuktigheten anges i relativ luftfuktighet som talar om hur mycket vattenånga luften kan innehålla vid en viss temperatur. Om luften innehåller maximalt med vattenånga är

### Kapitel 3 – RESULTAT

den mättad och den relativa luftfuktigheten är 100 %. Molnmängden anges enligt internationell praxis på himlen i åttondelar där 0 innebär klart och molnfritt och 8 innebär mulet (SMHI 2007). I bilaga A hittas fullständiga resultat på medelfukthalt, medeltemperatur, nederbörd och luftfuktighet under hela torkperioden.

**Tabell 9** Meteorologiska data från SMHI. Temperatur och luftfuktighet är data registrerade på väderstation i Växjö (ca 50km sydväst om Åseda), nederbördsdata är hämtat från väderstation i Korsberga (ca 20km väster om Åseda).

Torkomgång	Temperatur*			Nederbörd			Luftfuktighet*		
	grader C			mm			%		
	medel	max	min	total	max	min	medel	max	min
1	13,2	17,3	9,0	17,3	5,2	0	77	94	63
2	17,1	21,8	12,6	9,1	4,6	0	64	94	45
3	15,0	18,3	12,2	31,8	26	0	73	91	60
4	14,9	18,4	12,2	100,8	46,1	0	83	96	72

\* Data baseras på dygnsmedelvärden från SMHI:s väderstationer.

**Tabell 10** Meteorologiska data från SMHI. Molnmängd är data hämtat från väderstation i Målilla (ca 40km nordöst om Åseda) och vinddata är hämtat från Växjö väderstation.

Torkomgång	Molnmängd*			Vindhastighet*		
				m/s		
	medel	max	min	medel	max	min
1	5,5	8,0	1,8	3,0	5,0	1,8
2	4,3	8,0	0,6	2,9	5,1	1,4
3	6,1	7,9	4,0	2,6	4,4	1,9
4	6,5	7,9	4,0	2,5	4,0	1,6

\* Data baseras på dygnsmedelvärden från SMHI:s väderstationer.

## Kapitel 3 – RESULTAT

I tabell 11 och 12 jämförs meteorologiska data från maj och juni 2007 med ett normalår (1961-90). Jämförelsen visar att maj och juni 2007 var 1-2 grader varmare än normalåret. Nederbörden under maj var mindre än normalt med betydligt större under juni. Den relativa luftfuktigheten visar något högre värden i maj jämfört med normalt.

**Tabell 11** Månadsmedelvärden för temperatur och luftfuktighet samt total nederbörd under maj och juni 2007. Ett normalår baseras på data från en 30-årsperiod (1961-90). Data är hämtat från samma stationer som angivna i tabell 6. Alla data kommer från SMHI.

månad	Temperatur*		Total nederbörd		Relativ luftfuktighet*	
	2007	normalår	2007	normalår	2007	normalår
	grader C		mm		%	
maj	11,5	10,2	32,1	46	77	68
juni	16,1	14,3	137,2	57	69	69

\* Data baseras på dygnsmedelvärden från SMHI:s väderstationer.

**Tabell 12** Månadsmedelvärden för molnighet och vind under maj och juni 2007. Ett normalår baseras på data från en 30-årsperiod (1961-90). Data är hämtat från samma stationer som angivna i tabell 7. Alla data är hämtade från SMHI.

månad	Molnighet*		Vind*	
	2007	normalår	2007	normalår
			m/s	
maj	5,2	4,5	3	3,4
juni	5	4,4	2,7	3

\* Data baseras på dygnsmedelvärden från SMHI:s väderstationer.

Tabell 13 visar hur avvikelserna för temperatur och nederbörd varit under maj, juni och juli jämfört med normalvärdet inom det område där Åseda ligger. Normalvärdesperioden är beräknat på data inhämtat 1961-1990. Tabellen visar avvikelserna under maj, juni och juli, d.v.s. under den period som torvtorkning i Åseda pågått.

## Kapitel 3 – RESULTAT

**Tabell 13** Avvikelse för temperatur och nederbörd jämfört med normalvärdet.  
Normalvärdesperioden är beräknat på data inhämtat 1961-1990 (SMHI 2007).

	Temperaturavvikelse 2007 grader C	Nederbördsavvikelse 2007 %
Maj	+1 → +2	100-150
Juni	+1 → +2	250-300

## **4 ALLMÄN DISKUSSION OCH SLUTSATSER**

I diskussionsdelen resoneras kring olika alternativ för torvavvattning i samband med sanering. Dessutom görs försök att belysa olika tolkningar av försöksresultaten samt att jämföra labbförsök med fältförsök. Erfarenheter från torvtorkningen i Åseda utvärderas och därefter behandlas slutsatser med utgångspunkt från torkresultaten.

### **4.1 Avvattningsmetoder för torv vid sanering**

I tabell 14 har passiva behandlingsmetoder för torkning av torv som bedömts praktiskt genomförbara tagits upp och jämförts med avseende på ett antal parametrar. De passiva metoderna är ofta på något sätt kombinerade med mekaniska metoder, t.ex. i form av omrörning, värmeslingor eller fläktar. Det finns stora möjligheter till variation och kombination av de olika avvattningsmetoderna. Ett exempel kan vara att variera underlaget som torven sprids ut på, t.ex. genom att lägga ett torrt material som kan suga upp mycket fukt under torven eller någon form av galler så att vatten från torven lätt kan dräneras. Ett annat möjlighet kan vara att först låta torven avvattnas genom förbehandling, att bara låta den ligga på hög innan annan avvattningsmetod tillämpas. Vid stora mängder torv kan det vara mer lönsamt att hyra in större maskiner, t.ex. fläktaggregat eller att lägga värmeslingor på/i marken.

Det som styr val av och lämplig avvattningsmetod är främst praktiska möjligheter, ekonomi och målet med torkningen. Många av metoderna kräver stora ytor och om torven är klassad som farligt avfall krävs en anläggning med tillstånd att behandla farligt avfall. Finns inte en sådan anläggning på rimligt avstånd kanske den formen av torkmetod inte är aktuell. Ett alternativ kan då vara någon form av pressning eller centrifugering på plats där torven schaktas upp, under förutsättning att tillstånd för det finns eller kan erhållas, eller direkttransport till förbränningsanläggning. Direkttransport till förbränningsanläggning resulterar dock i transporter av ett tungt och blött material som kan medföra risk för utsläpp av förorenat vatten samt ger ett lågt energiinnehåll vid förbränning. Oavsett vilken metod som väljs krävs också att hänsyn tas till det lakvatten som bildas och behöver omhändertas och renas.

## Kapitel 4 – ALLMÄN DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Allmänt för metoderna i tabell 14 är att om torv läggs under bar himmel kommer resultatet att variera med vädret. Om torven istället placeras under tak fås ett betydligt jämnare och säkrare resultatet på sänkning av fukthalten, däremot förloras den direkta solstrålningen som sannolikt är effektiv när torv placeras under tak. Att använda en Remu siktskopa som fördelar torven i mindre stycken kan sannolikt påskynda torkningen. Detta skall dock vägas upp mot tiden det tar att köra materialet genom skopan. I Åseda föll detta på att materialet var så blött att det fastnade i skopan och därför inte kunde siktas med got resultat.

Inga mekaniska torkmetoder tas upp här som lämpliga vid torvavvattning. Orsaken är främst att metoderna idag inte i större utsträckning används för avvattning av torv. För att dessa metoder skall kunna användas krävs grundligare efterforskning och försök av möjliga maskiner samt provavvattning av materialet.

De parametrar som jämförs i tabell 14 är tidsåtgång, kostnader och säkerhet avseende torkresultat. Kostnader vid transport och förbränning i samband med torvsanering är i regel kr/ton material. Det skall framhållas att jämförelsen är uppskattad och gjord för att ge en överskådlig jämförelse av de metoderna. Tidsåtgång för torkmetoderna utgår från att få ner fukthalten till ca 40-60 %. Att bedöma kostnader för torkningen är generellt svårt då många faktorer påverkar. För att ändå göra en ekonomisk jämförelse bedöms kostnaden för respektive torkmetod som låg, medel, hög. Säkerhet avseende torkresultatet jämför hur säker metoden är för att uppnå önskat torkresultat och inte hur låga fukthalter som kan erhållas med respektive metod.

Vilken avvattningsmetod som kan väljas beror delvis av vilken torvqualität som torven har. Torv med stora mängder kvistar, rötter och sten kan inte avvattnas med blocktorv-metoden. Även torvens innehåll av oorganiskt material kan påverka vilken metod som passar för avvattning.

## Kapitel 4 – ALLMÄN DISKUSSION OCH SLUTSATSER

**Tabell 14 Förslag på avvattningsmetoder för torv i samband med sanering. Alla metoder är passiva fast i de flesta fall kombinerade med mekaniska moment, t.ex. vändning eller mekaniska maskiner så som fläktar, värmeslingor. Kursiv stil visar torkalternativ som är möjliga med metoden.**

Metod	Tidsåtgång	Kostnader	Säkerhet avseende torkresultat	Anmärkning
Förbehandling (passiv sammanpressning) - <i>ute eller under tak</i>	2-8 veckor, kortare tid och bättre resultat med låghumifierad torv	Låg	Säkert-osäkert, ger inga låga fukthalter men kan sänka fukthalten inför t.ex. fortsatt torkning.	Bra förbehandlingsmetod. Bra dräneringsmöjligheter ger bättre resultat.
Soltorkning ute - <i>vändning/omrörning</i>	2-4 veckor per omgång i 10 cm lager med vändning varje dag (maj-aug.) förutsatt bra väder.	Låg-Medel	Osäkert, mycket väderberoende.	Den metod som är mest väderberoende men också en metod som kan ge låga fukthalter till låga kostnader.
Torkning under tak - <i>vändning/omrörning</i>	?	Låg-Medel	Säkert. Dock osäkert hur effektiv torkningen är.	Kostnaderna kan bli höga om tält eller nya byggnader måste uppföras.
Värmeslingor - <i>vändning/omrörning</i> - <i>ute eller under tak</i>	2-4 veckor per omgång i 10 cm lager under tak utan omrörning	Hög (energikrävande)	Osäkert. Behöver testas i fullskala. Värmeslingor under tak kräver sannolikt även fläktar → energikrävande.	Osäkra kostnader i samband med installation av värmeslingor och ev. fläkt.
Lufttorkning med fläktar ( <i>under tak</i> )	?	Hög (energikrävande)	Säkert, få faktorer kan påverka resultatet. Dock osäkert hur effektiv torkningen är.	Kan leda till höga kostnader i samband med uppförande av tält/byggnad med fläktaggregat.
Blocktorv-metoden	1-2 år beroende av när skörd sker, skall frysa över en vinter och sedan torka sommaren därpå.	Låg-Hög Beror främst av kostnad för skörd, maskiner m.m.	Säkert. Metoden har använts länge inom torvindustrin och används även idag.	Används inom torvindustrin, kräver att torven ”skördas” i block. Ställer stora krav på torvkvälité, t.ex. inga stubbar.

## Kapitel 4 – ALLMÄN DISKUSSION OCH SLUTSATSER

I tabell 15 och 16 sammanfattas fördelar och nackdelar med olika torkmetoder. Tabell 2 innefattar passiva samt kombinerade passiva och mekaniska torkmetoder och tabell 3 innefattar mekanisk torkning. I tabell 17 sammanfattas för- och nackdelar med våttransport, d.v.s. när materialet körs direkt till förbränning utan att först avvattnas eller torkas.

**Tabell 15 För- och nackdelar med passiva och kombinerade passiva och mekaniska avvattningsmetoder. T.ex. soltorkning, värmeslingor, fläktar m.m.**

Fördelar	Nackdelar
Billigt (soltorkning)	Osäkra torkresultat
Dyrt (värmeslingor & fläktar)	Väderberoende (vid torkning ute)
Kräver ofta få maskiner och teknik	Lång behandlingstid
Beprövade metoder (dock ej på förorenad torv)	Utrymmeskrävande

**Tabell 16 För- och nackdelar med mekanisk avvattning, t.ex. pressning och centrifugering.**

Fördelar	Nackdelar
Säkrare torkresultat (ger dock ej låga fukthalter!)	Dyrt
Kräver inte stora ytor	Maskinintensiv
Ej väderberoende	Energikrävande
	Oprövade metoder för avvattning av torv

**Tabell 17 För- och nackdelar med våttransport, d.v.s. ingen avvattning.**

Fördelar	Nackdelar
God kontroll på kostnader	Dyrt
Inga torkkostnader	Transport och förbränning av tunga/blöta massor
Kräver inga ytrymmen	Lägre energiinnehåll vid förbränning
Ej väderberoende	Ökad miljöbelastning vid transport
	Risk för läckage av förorenat vatten under transport.

### 4.1.1 Val av torkmetod i Åseda

När torkmetod för förorenad torv från Gnosjö skulle väljas var alternativen att:

1. Transportera all torv (IFA och FA) direkt till förbränning.
2. Transportera IFA till torkning och FA till förbränning.
3. Transportera FA och IFA till torkning och sedan till förbränning.

En ekonomisk kalkyl visade att mest lönsamt var torkning av all torv innan vidare transport till förbränning. Ett antagande om att mer avdunstning i förhållande till nederbörd skulle ske vid direkt solstrålning jämfört med om torven lades under tak gjorde att torven placerades ute. Beslutet vilade på att torven skulle torkas under de månaderna av året med lägst relativ luftfuktighet. Beslutet vilade också på att stora ytor krävdes och möjligheten att vända torven, dvs. att köra med en hjullastare under tak skulle bli svårt, därtill krävdes att lakvatten kunde hanteras. En avfallsanläggning med tillstånd att hantera farligt avfall fanns på rimligt avstånd, anläggningen hade möjlighet att ta emot den förorenade torven utomhus men inga byggnader för att lägga den under tak fanns. Även fläktar diskuterades men då ytan ansågs ligga relativt öppet gjordes bedömningen att den naturliga vinden skulle vara tillräcklig för att transportera bort vatten som avdunstat från torven.

Mer exakt hur torven skulle hanteras under torkningen bestämdes utifrån laborationerna i denna rapport samt efter kontakt med torvindustrin.

## 4.2 Diskussion kring försök

En allmän diskussion kring metoder för labbförsök följts av diskussion runt respektive resultat från torkförsöken som gjorts med torv.

### 4.2.1 Metod för labbförsök

Att med hjälp av laborationer på laboratorium bedöma torkningstiden i verkligheten bedömdes svårt på grund av de många naturliga och ej påverkbara faktorer som påverkar vid soltorkning. Torkförsök som utfördes med torv hade istället som utgångspunkt att studera vilka variabler och i vilken utsträckning dessa påverkar torkningen. Resultat från labbförsöken skulle då kunna ge svar på hur olika faktorer påverkar torkprocessen, t.ex. hur

lång tid det tar att torka torv i olika tjocka lager och vilken tjocklek på torvlager som är mest lönsam i tid att torka. Syftet med försöken var alltså inte att ge svar på någon exakt torktid för torven. Eventuellt kunde fler faktorer ha testats för ett bredare underlag till beslut om den fullskaliga torkningen. Ett exempel är hur olika luftfuktighet påverkar torkningen, denna faktor kunde även ha mätts under de torkförsök som gjordes. Orsaken till att det inte mättes var främst svårigheten att få tag på ett bra instrument (hygrometer) som kunde mäta luftfuktigheten.

Att inte göra alla försök i samma torktemperatur försvårar delvis möjligheten att jämföra försök och torktider. Syftet med försök 2 vändning och försök 3 omrörning var att göra dem parallellt i samma temperatur. Försöket med omrörning blev dock tvunget att avbrytas då omrörningen inte fungerade som planerat, skälet var att de 10 cm rör som fylldes med torv fylldes till bredden varvid omrörning inte var möjlig utan alltför mycket spill. Dock gjordes nya försök med omrörning i högre temperatur. En orsak till att olika temperaturer användes vid försöken var den långa tidsåtgång som försöken krävde. En tidsplan för försöken gjordes innan försöken påbörjades och sattes till 5 veckor. I efterhand skulle torkförsöken behövt pågå under minst 10 veckor om alla prover skulle torkas i 30 °C, vilket endast blev fallet för några av försöken.

### **4.2.2 Labbresultat**

Att humifieringsgraden ökar med ökat djup stämmer väl överens med fakta från litteraturstudier. Längre ner på djupet är växtresterna mer nedbrutna och svårare att identifiera. I denna rapport benämns torv från 0-20 cm som låghumifierad och torv 20-50 cm som höghumifierad. Benämningarna låg och hög är satta utifrån en jämförelse mellan de två, den höghumifierad torven H5 ligger mitt på humifieringsskalan (H1-H10) och bör ”normalt” klassas som medelhumifierad.

Beroende av olika torvtypers egenskaper såsom beståndsdelar, humifieringsgrad m.m. kan torv från andra platser uppföra sig något annorlunda vid torkning. Detta bör finnas i åtanke, vid planering av torvtorkning på annan ort med annan torv.

De bestämningar på fukthalt som gjorts visar att torv 0-20 cm innehåller mer vatten, ca 93 %, än torv 20-50 cm, ca 88 %. Det stämmer överens med det som Bergner et al (1990) skriver,

med ökad humifieringsgrad ökar även halten torrsubstans. Försök med glödförlust visar att proverna inte endast innehåller organiskt material. Det material som inte är organiskt, mellan 48,1 % och 13,2 % kallas enligt figur 1 i bilaga C för aska och består av metall samt anjoner och kisel. Då typvärdet för aska i torv är 4,3 % innehåller torv från Gnosjö troligtvis, förutom aska också silt- och lerpartiklar. Hur detta oorganiska material påverkar torkningen av torv är osäkert. Mindre partiklar såsom lera och silt är bra på att suga upp och binda vatten. Att det oorganiska materialet påverkar torkningen är mycket sannolikt, hur mycket och på vilket sätt är däremot osäkert och har inte studerats vidare i denna rapport.

Vid jämförelse mellan torktider för utlagd torv i 5 cm respektive 10 cm tjocka lager kan det konstateras att det tar ca 85 % mer tid för torv i 10 cm tjockt lager att torka ner till 20 % fukthalt. Det lönar sig alltså tidsmässigt att torka torven i ett 10 cm tjockt lager jämfört med ett 5 cm lager. Generellt kan sägas att om torvlagret är dubbelt så tjockt måste det ta mindre än dubbelt så lång tid för torven att torka för att det skall löna sig med det tjockare lagret.

För att kunna jämföra procentuell skillnad mellan torktider med olika tjocka torvlagre behövs mätvärden för en längre period än 24 dagar alternativt en högre torktemperatur. I de resultat som finns tillgängliga är endast torkresultat från 5 cm och 10 cm jämförbara vid låga fukthalter. Torv 15cm och 20cm når efter torkning i 24 dagar en fukthalt på mellan 60 % och 80 % beroende av humifieringsgrad och startfukthalt. Skillnaderna i torktid för de två torvsorterna, 0-20 cm och 20-50 cm, vid torkning i 5 cm respektive 10 cm tjockt lager är endast marginell. Skillnaden i humifieringsgrad i dessa försök kan därav inte anses ha någon betydelse för torkhastigheten vid torkning i tunna lager.

Det torkade torvmaterialet uppvisar en stor volymminskning vilket sannolikt beror av det höga vatteninnehållet. Det porösa material som bildas när torv torkas under omrörning skulle kunna pressas samman till ett mycket kompakt material med liten volym. Metoden kan vara intressant vid långa transporter av torkad torv. Att torvvikten blir låg, under 200 kg/m<sup>3</sup> för torv 0-20cm vid en fukthalt på eller under 60 %, är intressant med hänsyn till att kostnaderna för transport och förbränningen beror av torvens vikt. Med en bra torkprocess, där en fukthalt på under 60 % uppnås blir alltså torvvikten max 200 kg/m<sup>3</sup> jämfört med den ursprungliga 1080 kg/m<sup>3</sup>.

Resultat från vändning visar ingen effekt på kortare torktid. Vändning är i praktiken mycket svårt att tillämpa och en vändningsmetod i fält skulle sannolikt resultera i en omrörning av materialet. Resultat från omrörning visar däremot på en förkortad torktid. Hur ofta omrörning sker är dock inte direkt proportionell till hur fort torkningen går. Arbetet för själva omrörningen bör alltid jämföras med resultatet i form av kortare torktid. Bästa sättet att komma fram till ett optimalt vändningsintervall är sannolikt att göra laborationer med den torv och de övriga förutsättningar som finns där torkning skall utföras. Då endast vändning visar mycket dåliga resultat medan omrörning visar bra resultat kan slutsatsen dras att det är viktigt att materialet blir blandat vid vändning/omrörning i fält. Resultaten från torkning – återfuktning – torkning visar att den andra torkomgången går något fortare än den första. En förklaring till resultatet skulle kunna vara att vattnet som tillsattes, la sig ovanpå torven och inte var uppblandad med torvmaterialet på samma sätt som under den första torkningen. Slutsatsen blir att ett torvmaterial som utsätts för regn får ett något snabbare torkförlopp efter regnet under förutsättningen att torven inte omblandas med regnvattnet. Det skall dock noteras att skillnaden i torktid endast är marginell och att ett regn som återfuktar torven till ursprunglig fukthalt förlänger torkningstiden till nästan det dubbla.

### 4.2.3 Fältförsök

Den torkmetod som valdes till fältförsöken, soltorkning, kan i efterhand summeras som en bra torkmetod under förutsättning att de meteorologiska förhållandena är gynnsamma. Metoden är nästintill helt beroende av ”bra” torkväder, framförallt lite nederbörd, låg luftfuktighet och hög temperatur. Med den nederbörd som föll under perioden när torkning pågick i Åseda, under maj 17,3 mm och under juni 137,2 mm, var valet av torkmetod i efterhand inte det bästa. Under den sista torkomgången, föll totalt 100 mm regn. På grund av att nederbördsmängderna var stora ökade även luftfuktigheten som under den sista torkomgången var i medel 83 %. En torkmetod med skydd för nederbörd hade sannolikt gett bättre torkresultat, dock hade en sådan teknik behövts kombinerats med fläktar eller värmeslingor. En sådan metod hade dock varit mer kostsam och en jämförelse med direkt transport till förbränning hade blivit ett billigare alternativ. Hade väderförutsättningarna varit bra, med lite nederbörd och mycket sol hade torkresultaten med soltorkningsmetoden sannolikt varit bra. Då hade också den tidsplan som gjorts kunnat följas, d.v.s. att varje omgång torv skulle torkas under max 2 veckor.

De olika moment som soltorkningsmetoden innebar sammanfattas nedan i fem punkter.

## Kapitel 4 – ALLMÄN DISKUSSION OCH SLUTSATSER

- Förbehandling (passiv sammanpressning), torven lades i hög i väntan på torkning, vatten ”pressades” ut under och på sidorna.
- Utspridning av torv för torkning på asfaltsyta.
- Vändning och omrörning i samband med bortplockning av större stenar och kvistar.
- Uppläggning av torkad torv under pressning.
- Daglig kontroll av fukthalt i utlagd torv.

Den torkmetod som var planerad att användas, med total torkyta på 3 000 m<sup>2</sup>, vändning varje dag m.m., fungerade inte fullt ut förrän torkomgång två påbörjades. Ett par veckors inkörningsperiod krävdes och delvis därav nådde torkresultatet på den första torkomgången, trots en lång torktid, inte målet på 60 % fukthalt. Under dagar med stora mängder nederbörd vändes inte torven. Den vändning som genomfördes under dagar med bra väderförhållanden gjorde dock att materialet blev blandat och fördelat i mindre klumpar, något som troligtvis påskyndade torkprocessen. Om tillgång hade funnits till större torkytor hade torkprocessen troligtvis kunnat påskyndas ytterligare. Då hade den torv som körts ihop för vändning kunnat spridas ut på en ny torr, uppvärmd yta istället för på den just använda som fortfarande när torven spreds ut på nytt var fuktig och kall.

Den minskning i fukthalt som förbehandlingen innebar är osäker. Resultaten visar ingen tydlig minskning av fukthalten under perioden som torven låg i hög i väntan på att spridas ut och torkas vilket inte heller hade förväntats. En viss sammanpressning av materialet och på så vis också utpressning av vatten från porer i torvmaterialet bör rimligtvis ha skett. En blöt kant runt torvhögarna visade att vatten pressats ut högen. Dock stod under flera tillfällen vattensamlingar uppe i torven efter nederbörd. Den minskning i fukthalt beroende av sammanpressning av torven kompensades troligtvis av de stora mängder regn som föll och därav skedde ingen total fukthaltminskning. När nederbördsmängderna skedde i juni hade det eventuellt varit bättre att låta torven ligga under pressning under förbehandlingen. Vatten hade då kunnat pressas ut torven och återfuktning via nederbörd hade inte skett. En viss torkning av materialet skedde under förbehandlingen på grund av avdunstning.

Målet från början var att komma ner i en fukthalt på ca 60 %, detta kunde inte uppfyllas med rådande förutsättningar. Istället sattes ett nytt mål utifrån viktminskning av torven under torkning. Resultatet blev att nå en viktminskning på minst 25 %. Orsaken till att det första målet inte gick att uppfylla var delvis att mängden torv som skulle torkas ökade till det dubbla, från 1 500 m<sup>3</sup> till 3 000 m<sup>3</sup>, medan storleken på torkytan, ca 3 000 m<sup>2</sup>, och den tid som ytan som fanns att tillgå var oförändrad. En annan orsak var också att det blev en viss fördröjning i uppstarten av torkningen p.g.a. att maskiner och att hela torkytan inte fanns tillgänglig. Att hela projektet under arbetets gång stått under extrem tidspress har haft stor inverkan på slutligt torkresultat. Mer tid till försök innan torkningen påbörjades hade troligtvis gett bättre torkresultat.

Försöken med torvtorkning avbröts efter fyra torkomgångar. Den minskning i fukthalt som torkningen resulterade i var inte tillräcklig för att slutföra torkningen. Endast den andra torkomgången hade gett en tillfredställande reduktion av fukthalten. Att torka resterande torv ner till tillräckligt låg fukthalt under den tidsperiod som från början var bestämd bedömdes orealistisk med förutsättning av de stora mängder nederbörd som föll. Det väder som följde efter att torkningen avbröts helt hade inte gett några förändringar i torkresultat. Dessutom gör daggpunkten att torkning under sensommaren inte blir lika effektiv som under försommaren.

De väderdata som hämtats från SMHI:s väderstationer stämmer inte fullt ut med det faktiska vädret i Åseda där soltorkning pågick. Eftersom stationerna ligger på max 50 km avstånd från Åseda antas de ändå ge en realistisk bild av meteorologiska förhållanden i Åseda under torkningen.

### **4.3 Jämförelse mellan fält och labbförsök**

Att jämföra torktider och fukthalter mellan labbförsök och fältförsök är svårt då förutsättningarna är helt olika. De meteorologiska faktorerna såsom temperatur, vind, nederbörd och luftfuktighet hålls mer eller mindre konstanta under labbförsöken medan fältförsöken har en naturlig variation av faktorerna.

Att torven av tekniska skäl inte kunde spridas ut i 10 cm lager, vilket var föreslaget utifrån labbförsök, gjorde sannolikt att torktiden förlängdes. Resultaten från labbförsöken visar en tydlig skillnad på torktid mellan torv i 10 cm lager och torv i 20 cm lager. Torv i 20 cm lager

har inte kommit under 70 % fukthalt efter 24 dygn medan torv i 10 cm lager ligger under 20 % fukthalt.

Den torv som torkades i labb- och fältförsök var tagen från samma plats. Till labbförsöken togs dock endast torv ner till 50 cm djup upp medan fältförsöken hade ett blandat torvmaterial med torv från ca 0-170 cm djup. Vilken skillnad i torkegenskap som den djupare torven ger är osäkert. Klart är att en högförmultnad torv innehåller mer humusämnen som kan adsorbera vatten. Då torven till försöken är hämtad från samma torvmosse är rimligtvis den oorganiska delen av torven likvärdig i hela mossen. Hur mycket det oorganiska materialet påverkar torkningen är oklart.

En eventuell felkälla vid torkning och bestämning av fukthalt under fältförsöken är att samma torv inte kan kontrolleras/vägas två gånger och den naturliga variationen i torvmaterialet gör att visst fel kan förekomma. De tre parallella torkförsök som gjordes varje dag minskade dock felkällan.

Efter att försöken med soltorkning av torven avbrutits behandlades torven på alternativt sätt på avfallsanläggningen. Istället för avvattning beslöts att torven skulle komposteras efter inblandning av strukturmaterial. Syftet med komposteringen var att i komposteringsprocessen frigöra metaller bundna i torven. I komposteringsprocessen omvandlas det organiska materialet till koldioxid och vatten varvid metallerna frigörs och metallerna hamnar i det vatten som bildas. Vattnet tas sedan omhand och renas i reningsanläggning. Komposteringen avses pågå till dess att aktivitet avtagit och det organiska innehållet understiger 20 %, därefter används kvarblivet torvmaterial till sluttäckning av Linneberga deponi (Jan-Olof Björklund juli 2007).

#### **4.4 Erfarenheter från fältförsöket**

Eftersom sanering och torkning av blöta material inte utförts på många platser tidigare gjordes många erfarenheter och flera lärdomar drogs under projektets gång. Ett antal punkter och frågor kring vad som är viktigt att tänka på har nedan summerats gällande sanering och torkning av blöta material.

## Kapitel 4 – ALLMÄN DISKUSSION OCH SLUTSATSER

- Hur viktigt är det att komma ner till en specifik fukthalt.
- Tidsåtgång. När måste torven vara färdigtorkad.
- Är materialet klassat som Farligt Avfall, finns tillstånd för hantering av FA och möjlighet att rena förorenat lakvatten.
- Hur stora ytor finns tillgängliga för torkning, hur stora ytor behövs för olika torkmetoder.
- Finns möjlighet att täcka torven under torkning, stora byggnader alternativt tält.
- Ekonomi, kostnader för torkning i förhållande till förtjänst. Vad kostar transport och förbränning utan torkning i förhållande till torkning innan transport och förbränning.
- Var i Sverige och under vilken del av året skall saneringen/torkningen pågå, meteorologiska faktorer spelar stor roll i torkförloppet.
- Vilka möjligheter finns till kontroll av fukthalt under torkning, hur kontrolleras att torven är färdigtorkad.
- Kontrollera att planerad förbränningsanläggning tar emot den torkade torven. Bästa är att skicka in testprover på materialet. Kan t.ex. bero av glödförlust, materialets sammansättning, fukthalt, tid på året m.m.
- Planera och gör torkförsök i tid så att den optimala metoden kan tillämpas.

Inför saneringsarbetet i Gnosjö utökades de torvmängder som först uppskattades behöva schaktas upp och torkas. Orsaken var att höga halter koppar och nickel vid åtgärdsförberedande undersökningar upptäcktes på stora djup i vissa delar av mossen. Resultatet blev en ökning av torv som skulle schaktas upp och torkas. Det område som fanns till förfogande för torkningen var däremot oförändrad även om tidsperioden kunde förlängas något. Att torkresultatet blev lidande är inte oväntat eftersom varje torkomgång fick kortare torktid. Alternativet var att välja att inte torva all torv utan istället skicka en del direkt till förbränning. All torv transporterades till torkning då schaktningen löpte på bra och inga andra mellanlager fanns att tillgå. Men då de meteorologiska faktorerna inte var gynnsamma höll inte tidsplanen eller det torkresultat som förväntades. Att tidsplanen var pressad berodde främst på ägarbyte och exploatering i området där mossen låg. Dessutom fanns inte möjlighet att använda torkytor i Åseda längre än en bestämd tidsperiod och alternativ till anläggning med tillstånd att hantera FA fanns inte på rimligt avstånd.

### 4.5 Slutsatser

Att torka ett material som binder vatten bra och som till ca 90 % består av vatten har visat sig under projektet vara en svår uppgift. Med de torkmetoder som tas upp i rapporten är torkningen också mycket tidskrävande. Inom torvbranschen används ett antal beprövade metoder för brytning och torkning, dessa är sällan tillämpbara vid saneringar av blöta material och alternativa torkmetoder måste då användas. Då sanering av torv är ovanligt finns inga beprövade metoder för torkning. Istället är det egna idéer i kombination med vad som är praktiskt och ekonomiskt genomförbart som sätter ramarna för hur torkning av t.ex. förorenad torv skall gå till.

De försök som genomförts visar att flera faktorer påverkar torkresultatet av torv, d.v.s. torvens torkhastighet och minskningen i fukthalt. Torvens humifieringsgrad är en faktor som beror av från vilket djup torven kommer, en högre humifieringsgrad ger ett mer svårtorkat material. Försök med torkning av torv i olika tjocklek visar, som förväntat, att torv i tunnare lager torkar fortare. Tjockleken är dock inte helt proportionell till torkhastigheten och det lönar sig inte alltid tidsmässigt att torka torv i så tunna lager som möjligt, optimal torvtjocklek enligt försök i denna rapport är ca 10 cm. Att röra om i det material som torkas gör att torktiden förkortas. I ett försök att simulera nederbörd på torkad torv visar resultaten att torkning efter nederbörden går något fortare än torkning innan.

Den metod som tillämpas för fullskalig avvattning i samband med en sanering av förorenad torv visade sig inte ge önskad sänkning av fukthalten. Metoden soltorkning antogs innan torkningen påbörjades vara beroende av ett flertal faktorer och variabler varav en del var påverkningsbara och andra inte. De meteorologiska faktorerna som inte går att påverka antogs vara nederbörd, temperatur, vind, luftfuktighet och solstrålning. Data över dessa faktorer under maj och juni har erhållits från SMHI. Alla faktorer visar ogynnsam värden ur soltorkningssynpunkt. Jämfört med ett normalår var under 2007 nederbörden större, luftfuktigheten högre och temperaturen lägre. Med resultat från torkningen och data från SMHI kan en tydlig slutsats dras. Soltorkning är mycket väderberoende och även torkning under de normalt gynnsammaste månaderna under året kan ge ogynnsamma väderförhållanden som direkt försvårar torkningen.

## Kapitel 4 – ALLMÄN DISKUSSION OCH SLUTSATSER

I rapporten har ett antal olika metoder för torkning av torv studerats. De metoder som används inom torvindustrin, frästortv, stycketortv och blocktortv är beprövade metoder men som inte alltid lämpar sig vid torkning av förorenad torv i samband med sanering, p.g.a. blandmaterial, rötter och stubbar etc. En viktig punkt att ta ställning till vid torkning av blöta material är tidsaspekten. Passiva torkmetoder är ofta ett ekonomiskt billigare alternativ men som också kräver lång torktid. Att från projektets början se till att tillräckligt med tid för torkning finns är väsentligt, en passiv torkmetod ger med tillräcklig torktid och bra yttre förutsättningar ett bra resultat.

Många saneringar i blöta material kommer sannolikt att göras i framtiden och därmed kommer också metoder för avvattning av blött material att testas och utvärderas. Möjligt är också att andra metoder än de förslagna i denna rapport kommer användas. För att ge bättre underlag är det av vikt att nya metoder som används dokumenteras och utvärderas. I denna rapport har inga studier på utländska torkmetoder i samband med sanering gjorts. I övriga Europa finns inte torv i någon större utsträckning, med undantag Finland. Ser man globalt finns stora mängder torv i Nordamerika. Fortsatta studier inom området skulle kunna vara undersökning av saneringsprojekt i blöta material utomlands och att titta på möjligheten att tillämpa samma torkmetoder i Sverige.

## REFERENSER

Andersson B., (2005), *Studie av sedimentation och avvattning av slam från reningsverk med biologisk fosforreduktion*, Examensarbete 2005-03, Avd. för Vattenförsörjnings- och avloppsteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet, Lund

Avfall Sverige, Svenska Renhållningsverksföreningen (RVF) 2002, *Bedömningsgrunder för förorenade massor*, Rapport 2002:09

Bergner K et al, (1990), *Vad innehåller torv? – En sammanställning av botaniska, fysikaliska och kemiska data*, Tredje upplagan 1995, Statens Lantbruksuniversitet, SLU, Umeå Universitet, Umeå, ISBN 91-971250-1-6

Bohm A-K, (2000), *Adsorption av metaller i torv vid Kavahedens avfallsanläggning, En undersökning av en våtmarks kapacitet att avskilja metaller*, Examensarbete 2000:169, Avd. för Geoteknik, Luleå Tekniska Universitet, Luleå

Elander P, (2004), *Efterbehandlingsmetoder för förorenade sediment*, Rapport nr VISKAN 2003:3, Länsstyrelsen i Västra Götalands län

Elert M. et al, (2002), *Bedömningsgrunder för förorenade massor*, RVF 2002:09, Renhållningsverken, Kemakta Konsult AB

Förordningen om deponering av organiskt avfall, *SFS 2001:512*

Hillel D, (1980), *Introduction to soil Physics*, Department of plant and Soil Sciences, University of Massachusetts, Academic Press, San Diego, California

Hübinette P., (2000), *Efterbehandling av Fegens f.d. impregneringsanstalt, Torkning/avvattning av torv och bark*, Underlagsutredning för Falkenberg Kommun, Golder Grundteknik KB

Johansson B., (2005), *Slutrapport Fegen*, Stadsbyggnadskontoret, Falkenbergs Kommun

## REFERENSER

Knutsson G. & Morfeldt C-O., (1995), *Grundvatten, teori och tillämpning*, Utgåva 2 1995, Svensk Byggtjänst, Svenskt Tryck AB, Stockholm, ISBN 91-7332-740-9

Mácsik J., Pousette K., Jacobsson A., (1998), *Kompendium i miljögeoteknik*, AFR-kompendium 7, AfN, Naturvårdsverket, ISSN 1400-0210

Mattson J-E, (1979), *Torkning och Lagring av Biomassa -Behov och metoder*, Nämnden för energiproduktionsforskning, NE 1980:8, Liber tryck Stockholm 1980

Naturvårdsverket (2002), *MIFO - Metodik för inventering av förorenade områden*, NVV, Rapport 4918, Stockholm, ISBN 91-620-4918-6, ISSN 0282-7298

Naturvårdsverket (2006), *Åtgärdslösningar – erfarenheter och tillgängliga metoder* NVV, Rapport 5637, Stockholm, ISBN 91-620-5637-9.pdf, ISSN 0282-7298

Ringqvist L, (2000), *Peat as a Metal Trap for Wastewater*, Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Science, SLU, Umeå, ISSN 1401-6249, ISBN 91-576-5762-9

Ringqvist L, (1985), *Kombinationseffekter av kemikalietillsatser och frysning vid avvattning av torv*, Forskningsrapport TULEA 1985:21, Avdelningen för VA-teknik, Högskolan i Luleå

Ringqvist L. och Haneus J, (1984), *Torvavvattning – genom frysning, pressning och torkning*, Teknisk rapport, Avdelningen för VA-teknik, Högskolan i Luleå, ISSN 0349-3571

Ward R.C.och Robinson M, (2000), *Principles of Hydrology*, Fourth Edition 2000, McGraw-Hill Publishing Company, Berkshire, England, ISBN:0 07 709502 2

## REFERENSER

### Webbaserade källor

Hörby Kommun

<http://www.horby.se>

augusti 2007

Sveriges Geotekniska Förening

<http://www.sgf.net>

april-augusti 2007

Marksaneringsinfo

<http://www.marksaneringsinfo.net>

augusti 2007-10-18

Svenska Torvproducenterna

<http://www.torvproducenterna.se>

februari-augusti 2007

National Encyklopedin

<http://www.ne.se>

augusti 2007-10-18

TorvForsk

<http://www.torvforsk.se>

februari-augusti 2007

Naturvårdsverket

<http://www.naturvardsverket.se>

februari-augusti 2007

Vattenportalen

<http://www.vattenportalen.se>

augusti 2007

Stockholm Vatten

<http://www.stockholmvatten.se>

augusti 2007-10-18

Wikipedia

<http://sv.wikipedia.org/wiki/>

april-augusti 2007

Sveriges Geologiska Undersökning

<http://www.sgu.se>

augusti 2007-10-18

SMHI

[www.smhi.se](http://www.smhi.se)

april-juli 2007

### Muntliga Referenser

*Linneberga Avfallsanläggning*

*Jan-Olof Björklund*

*februari-augusti 2007*

*Falkenbergs Kommun*

*Bengt Johansson*

*21 februari 2007*

*SLU*

*Nicholas Jarvis*

*21 april 2007*

*Econova - torvindustri*

*Stefan Andersson*

*21 februari 2007*

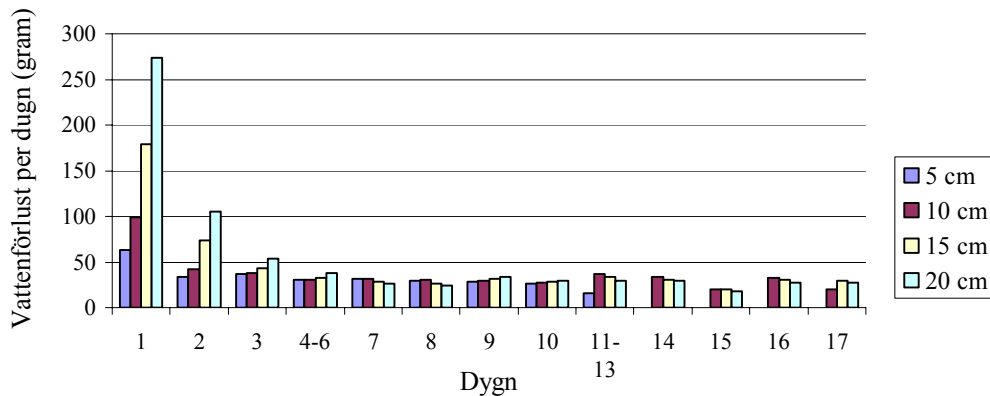
## BILAGA A – RESULTATTABELLER OCH DIAGRAM

Kompletterade resultat och diagram som inte finns med i resultatkapitlet presenteras nedan.

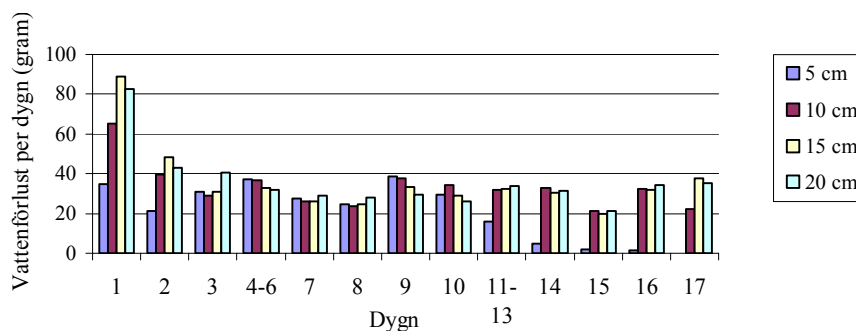
### A.1 Labbförsök

#### Försök 1. Tjocklek på torvlager

Figur 16 och 17 visar vattenförlust i gram per dygn under torkning av torv från 0-20 cm och torv från 20-50 cm djup.

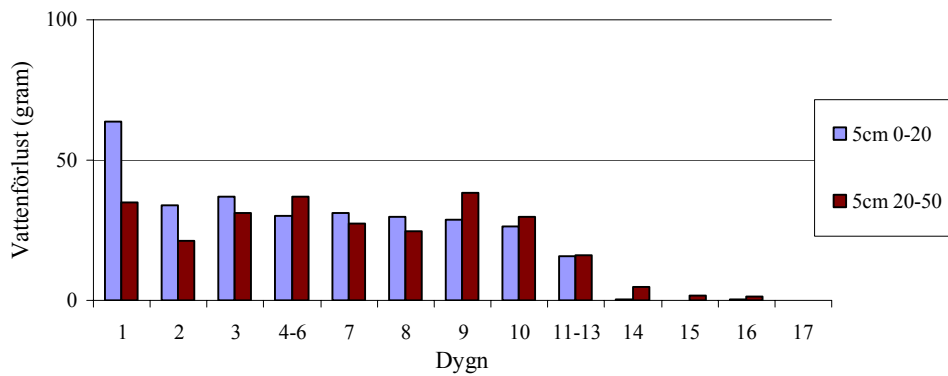


**Figur 16** Vattenförlust i gram per dygn under torkning av torv från 0-20 cm i 5, 10, 15, respektive 20 cm tjockt lager. Torkning i + 30 °C under 17 dygn.

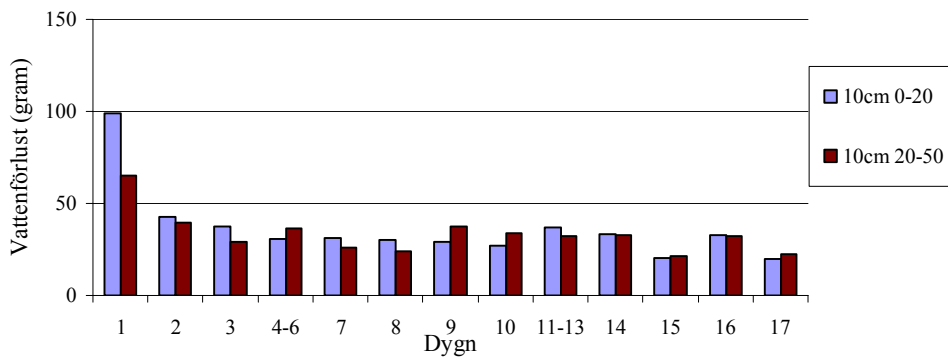


**Figur 17** Vattenförlust i gram per dygn under torkning av torv från 20-50 cm i 5, 10, 15, respektive 20 cm tjockt lager. Torkning i + 30 °C under 17 dygn.

Figur 18 till 21 visar jämförelse av vattenförlust per dygn mellan torv från 0-20 cm och torv från 20-50 cm under torkning av torv i 5, 10, 15 respektive 20 cm tjockt lager.

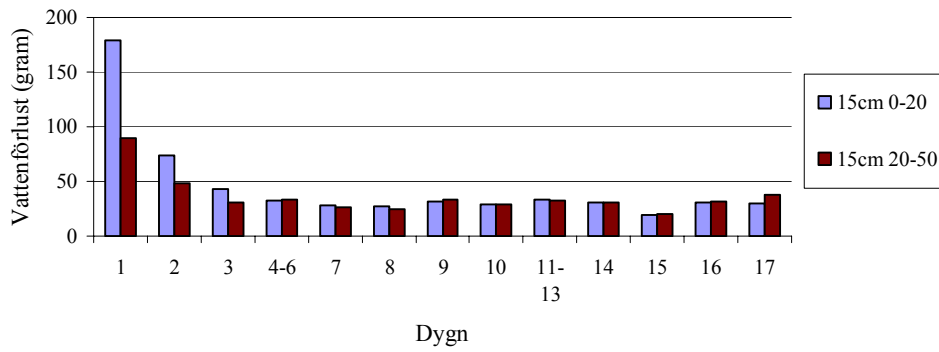


**Figur 18** Jämförelse av vattenförlust i gram per dygn mellan torv från 0-20 cm torv från 20-50 cm, torkning i 5 cm tjockt lager. Torkning i + 30 °C under 17 dygn.

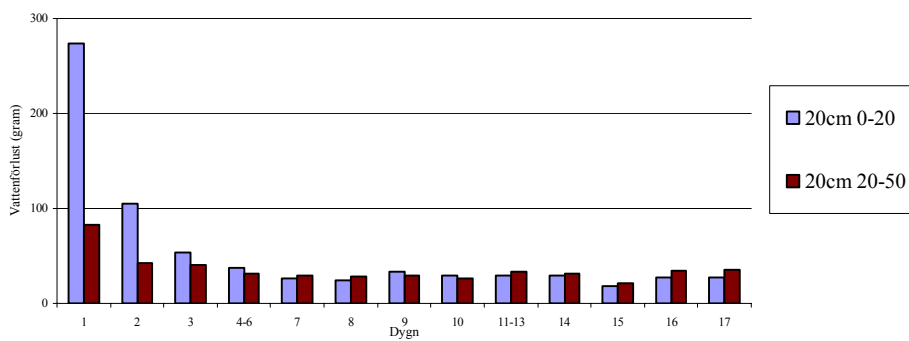


**Figur 19** Jämförelse av vattenförlust i gram per dygn mellan torv från 0-20 cm torv från 20-50 cm, torkning i 10 cm tjockt lager. Torkning i + 30 °C under 17 dygn.

## Bilaga A – RESULTATTABELLER OCH DIAGRAM



**Figur 20** Jämförelse av vattenförlust i gram per dygn mellan torv från 0-20 cm torv från 20-50 cm, torkning i 15 cm tjockt lager. Torkning i + 30 °C under 17 dygn.

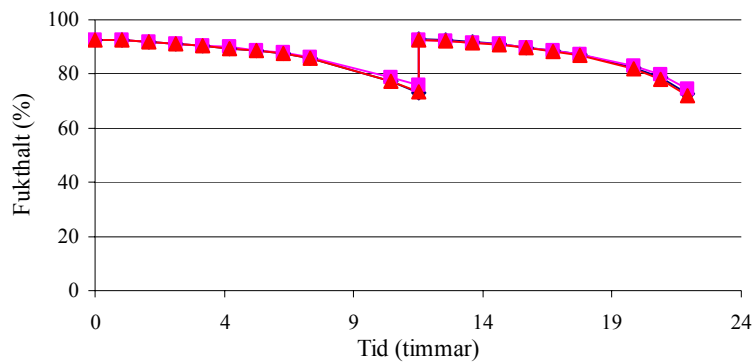


**Figur 21** Jämförelse av vattenförlust i gram per dygn mellan torv från 0-20 cm torv från 20-50 cm, torkning i 20 cm tjockt lager. Torkning i + 30 °C under 17 dygn.

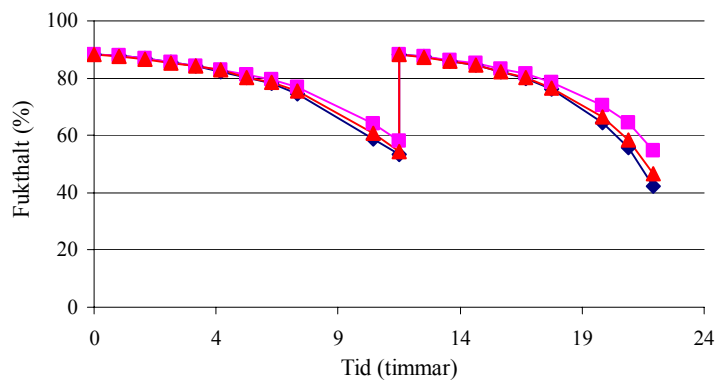
## Bilaga A – RESULTATTABELLER OCH DIAGRAM

### Försök 4. Torkning – återfuktning - torkning

Figur 22 och 23 visar två parallella torkförsök som gjorts på torv från 0-20 cm samt torv från 20-50 cm. Av de båda torvkviteterna gjordes tre parallella torkförsök, vardera med ca 100 g torv.



**Figur 22** Torkning – återfuktning – torkning av torv från 0-20 cm. Vatten tillsattes efter 12 timmars torkning. Torkning i + 105 °C under 24 timmar.



**Figur 23** Torkning – återfuktning – torkning av torv från 20-50 cm. Vatten tillsattes efter 12 timmars torkning. Torkning i + 105 °C under 24 timmar.

## A.2 Fältförsök – fullskalig avvattning

Tabell 18 Data som visar medelfukthalt samt meteorologiska data (nederbörd, temperatur och luftfuktighet) under saltorkning av varje omgång. De värden för medelfukthalt som markerats med streck har inte mätts.

Torkomgång	Datum	Medelfukthalt %	Nederbörd mm	Temperatur °C	Relativ luftfuktighet %	Molnmängd (0=klart, 8=mulet)	Vind m/s
1	15-maj	79	0	9,7	66	3,9	5,0
	16-maj	73	1,1	8,4	65	4,1	2,9
	17-maj	-	0	9	88	6,6	3,0
	18-maj	77	0	10,9	76	4,1	2,3
	19-maj	-	5,2	11,3	83	3,4	3,1
	20-maj	-	0,7	12,7	69	1,8	2,3
	21-maj	78	0	16,7	71	6,0	2,5
	22-maj	76	0	17	74	5,4	2,8
	23-maj	75	0	12,3	63	1,8	3,8
	24-maj	78	0	12,5	75	3,3	3,0
	25-maj	78	0	17,3	72	6,4	2,6
	26-maj	-	0	14,4	80	7,0	2,4
	27-maj	-	3,5	13,9	66	7,4	3,6
	28-maj	-	0,7	14,5	92	8,0	2,6
	29-maj	72	0,4	15,1	88	8,0	4,0
	30-maj	77	1,1	14,6	94	7,8	3,1
31-maj	76	4,6	13,3	82	7,9	1,8	
2	29-maj	85	0,4	15,1	88	8,0	4,0
	30-maj	86	1,1	14,6	94	7,8	3,1
	31-maj	85	4,6	13,3	82	7,9	1,8
	01-jun	-	1,5	12,6	93	8,0	2,8
	02-jun	-	0	13,3	68	3,1	5,1
	03-jun	-	0	13,6	62	2,5	3,6
	04-jun	81	0	14,6	71	6,6	2,6
	05-jun	80	0	18,3	56	2,1	2,9
	06-jun	-	0	19,3	54	4,6	2,6
	07-jun	81	0	20,3	50	1,5	2,5
	08-jun	81	0	20,1	52	0,6	1,5
	09-jun	-	0	21,5	45	1,3	1,4
	10-jun	-	0,2	21,8	46	4,9	1,4
	11-jun	78	0	20,7	59	3,8	1,9
12-jun	75	0	21,2	49	1,9	4,0	
13-jun	73	1,3	16,9	63	3,9	3,8	
14-jun	73	0	13,4	62	5,0	4,4	
3	15-jun	73	0	12,2	60	5,5	2,8
	16-jun	-	26	12,5	82	7,9	4,4
	17-jun	-	5,6	13,9	91	7,4	2,5
	18-jun	76	0	16,2	76	7,1	2,4
	19-jun	75	0	16,7	66	4,8	1,9
	20-jun	73	0,2	18,3	60	4,0	1,9
4	21-jun	83	3,8	18,4	75	7,4	2,1
	22-jun	-	42,5	15,1	94	7,9	2,0
	23-jun	-	0	16,8	77	7,1	3,1
	24-jun	-	0	16,6	72	4,0	2,1
	25-jun	84	1,9	16,6	78	4,8	1,6
	26-jun	82	46,1	12,2	96	7,8	2,3
	27-jun	85	0	12,3	87	5,8	2,3
	28-jun	83	0	12,9	91	7,8	4,0
	29-jun	83	6,5	13,3	75	6,0	3,3

## BILAGA B - BILDER

Bilder från labbförsöken och från fältförsöken med den fullskaliga avvattningen presenteras nedan. Även bilder från schaktning vid den fullskaliga saneringen återfinns under rubriken fältförsök.

### B.1 Labbförsök

#### B.1.1 Provtagning

Bilder från provtagning utanför Gnosjö i västra Småland i februari 2007.



**Figur 24** Provtagning den 9 februari 2007. Prover från två djup, 0-20 cm samt 20-50 cm, togs upp och lades i hinkar med tätslutande lock för transport till laboratorium.



**Figur 25** Proverna togs upp med spade. Ytlagret på mossen var något fruset.

### B.1.2 Torkförsök

#### Försök 1

Figur 26 och 27 är bilder från torkning på laboratorium. Bilderna är tagna under torkning av torv med olika tjocklek. Figur 26 är tagen innan torkning påbörjades och figur 27 efter avslutad torkning. De åtta plaströren är 5, 10, 15 respektive 20 cm höga. På bilderna visas försök med torkning av både den ytligare torven från 0-20 cm och den djupare torven från 20-50 cm.



**Figur 26** Plaströren fylldes med torv som ställdes i en plastback som i sin tur placerades i ett rum med konstant temperatur + 30 grader C.



**Figur 27** Figuren visar hur mycket torven minskat i volym efter torkning i ca 3 veckor. Ingen vändning eller omrörning har gjorts.

## B.2 Fältförsök – fullskalig avvattning

### B.2.1 Torkförsök

Figur 28, 29 och 30 är bilder tagna under fältförsöken vid den fullskaliga avvattningen vid behandlingsanläggning i Åseda. Behandling av lakvatten utförs på anläggningen.



**Figur 28** Torv i väntan på att läggas ut för torkning. Torven ligger på en svagt lutande asfaltsyta.



**Figur 29** Torv utlagd för saltorkning. Torven vänds med skopa på hjullastare en gång varje dag genom att all torv först samlas ihop i en hög och därefter sprids ut på asfaltsytan igen.



**Figur 30** Torv som torkats ligger under presenning, skyddad mot regn, i väntan på transport till förbränning.

### **B.2.2 Bilder från schaktning av förorenad torv**

Bilderna är tagna i Gnosjö vid det förorenade torvområdet som sanerades. Figur 31 och 32 visar mossen innan sanering, dock efter avverkning av skog. Figur 33 och 34 är bilder tagna under saneringsarbetet.



**Figur 31** Bild på saneringsområdet efter avverkning av skog och innan schaktning av torv påbörjats. Det kan noteras att området är täckt av en stor del grenar och ris som till viss del röjdes bort men som även lämnades och följde med när torven schaktades.

## Bilaga B – BILDER



**Figur 32** Kärret dikades ur innan saneringen påbörjades. En brunn placerades mitt i saneringsområdet för att vid behov kunna pumpa vatten till en reningsanläggning under schaktarbetet.



**Figur 33** Bild från pågående schaktningsarbete. Området hade indelats i schaktrutor med olika föroreningsklassning på olika nivåer vilket innebar att olika rutor skulle schaktas olika djupt.

## BILAGA C – LITTERATURSTUDIE

### C.1 Torvfakta

Sverige är ett av världens torvmarkstätaste länder. Den areal som täcks av torvmarker uppgår till ca 64 000 km<sup>2</sup>, vilket motsvarar ca 15 % av landarealen (SGU 2007).

För att en markyta skall klassificeras som torvmark i geologisk mening krävs ett torvtäcke med minst 30 till 50 cm mäktighet. Typiska djup på torvmarker är 1,5-2 m men djup ned till 10 m förekommer också (Svenska Torvproducenterna 2007). Jordarten ska innehålla högst 80 % oorganiskt material för att den ska benämnas torv (SGU 2007).

Den genom historien mest betydande användningen av torvmarker har varit inom skogsbruk och jordbruk. Andra användningsområden för torv har varit och är som bränsle, odlingssubstrat och som strötorv (SGU 2007). Torvens egenskaper gör också att den kan binda metalljoner och därmed fungera som ett filter för metallförorenat vatten.

#### C.1.1 Torvbildning

Torvmarker har i Sverige bildats kontinuerligt från istidens slut fram till idag. Bildningen av torv och torvmarker sker då den naturliga nedbrytningen av död biomassa hämmas eller helt uteblir. Resultatet blir en ackumulering av förmultnande växtrester som kallas torv. Det finns flera orsaker till att torvmarker bildas och det vanligaste bildningsförloppet är att mark som tidigare varit skog försumpats, så kallade *försumpningstorvmarker*. Bildningen beror bland annat av klimatsvängningar och försumpningen varierar därför delvis naturligt. Även dämning kan orsaka försumpningstorvmarker och bildningen beror då ofta på antropogen påverkan. En annan vanligt förekommande typ av torvmarksbildning är igenväxning av grunda vattensamlingar eller vattendrag, *igenväxningstorvmarker*. Ofta har bildningen börjat med igenväxning som sedan följts av försumpning av den omgivande fastmarken. *Översilningstorvmark* är ytterligare en form av torvmark vilken uppkommit genom att ytligt markvatten eller framsilande grundvatten runnit över en markyta. Torvmarksbildning kan också vara ett resultat av landhöjningen och bildningen sker då på de nya landområden som

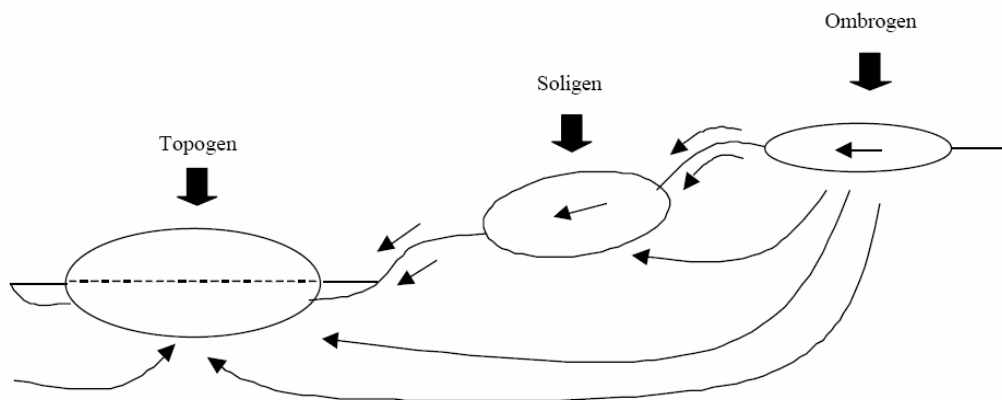
bildats. Detta förlopp har varit vanligt i de område som ligger under högsta kustlinjen, längs Bottenvikskusten och i de låglänta områdena i Mellansverige (SGU 2007).

Även en indelning efter de hydrologiska förhållandena görs av torvmarker (NE 2007). Man skiljer mellan tre huvudtyper där var och en har sin speciella uppbyggnad beroende på hur vattenförsörjningen sker (Bohm 2000).

*Ombrogena torvmarker* får sin vattenförsörjning och näring i huvudsak från den nederbörd som faller direkt på torvytan. Torvmarken bildar då en från omgivningen isolerad hydrografisk enhet.

*Soligena torvmarker* är beroende av tillrinningen av ytvatten eller ytligt grundvatten från omgivande fastmark.

*Topogena torvmarker* beror av landskapets ytformer och uppkommer genom igenväxning av sjöar, vikar eller kring källor där grundvattenytan går i dagen.



**Figur 34** Schematisk bild av olika torvmarker. De flesta myrar utgör en kombination av dessa huvudtyper (Bohm 2000).

### C.1.2 Indelning i olika torvslag

Torv kan indelas på olika sätt och i Sverige görs indelningen enligt SGU efter torvens botaniska sammansättning, humifieringsgrad, innehåll av växtfibrer, vedrester och blöthet. Om ursprungsväxtresterna är nedbrutna och omvandlade görs indelningen efter det ursprungliga växtsamhällets uppbyggnad. Vanligen används en uppdelning i torvslag enligt

## Bilaga C – LITTERATURSTUDIE

den svenske torvgeologen Lennart von Posts modell. Denna är uppbyggd efter växtsamhällenas fuktighetsgrad och näringstillgång. Lennart von Posts tiogradiga skala, tabell 1, beskriver förmultningsgraden, även kallad humifieringsgraden, och man skiljer mellan lågförmultnade torvslag och högförmultnade torvslag. Den lågförmultnade (H1), även kallad ohumifierade torven är ofta ljus till färgen har fullt bevarade växtrester medan den höghumifierade (H10) är mörkare till färgen och inte har några identifierbara växtrester. I de övre lagren i torven hittas ofta hela växtrester medan växtresterna längre ner är mer nedbrutna och svårare att urskilja. I regel har torven en högre humifieringsgrad längre ner i torvskikten. I tabell 19 framgår vad de olika humifieringsklasserna innebär (Bohm 2000).

## Bilaga C – LITTERATURSTUDIE

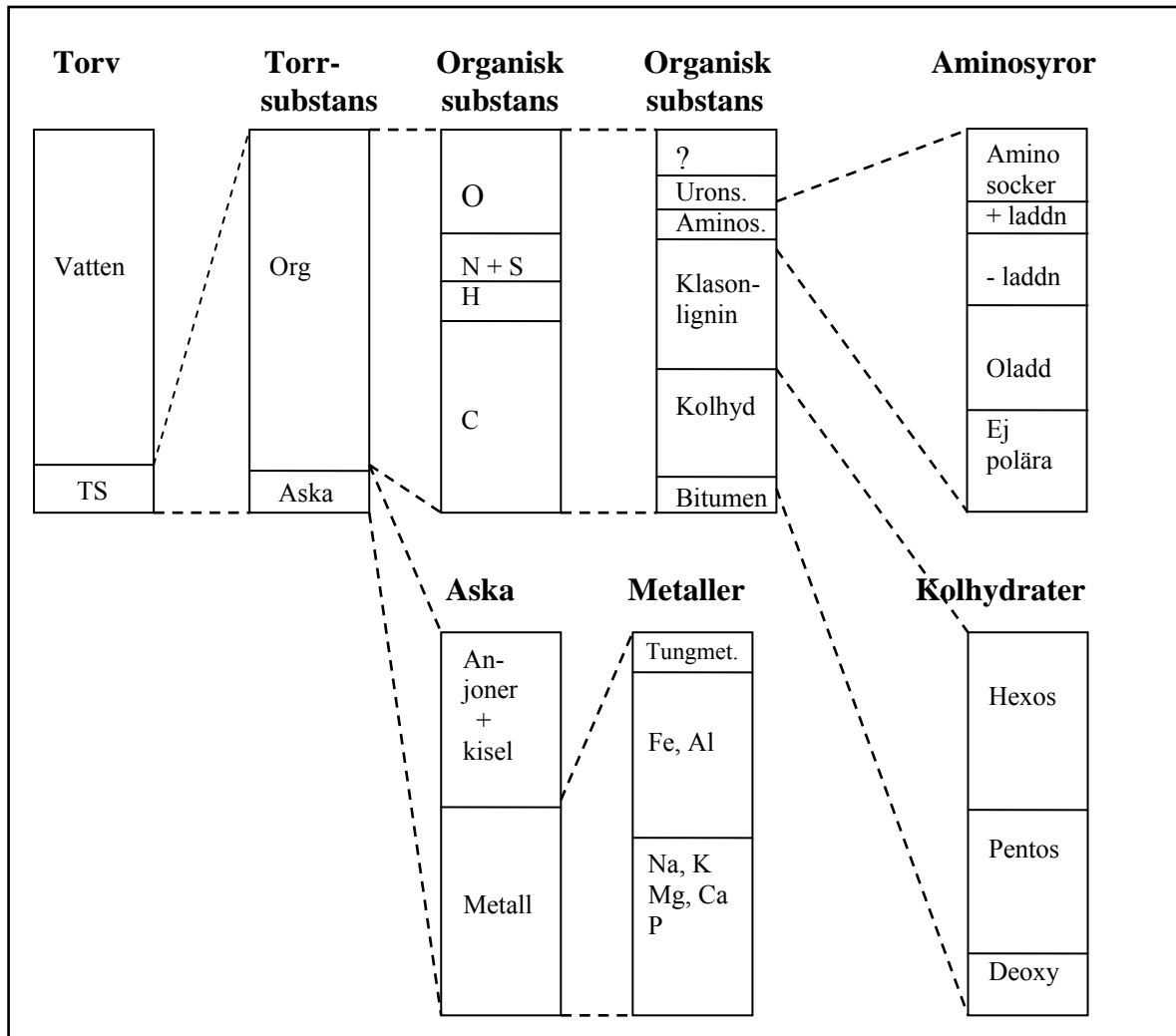
**Tabell 19** Von posts skala med de olika humifieringsgraderna. Med dyhaltig torv menas att torven innehåller stora mängder nedbrutet humusmaterial. (Mácsik et al 1998).

- H1 Fullständigt ohumifierad och dyfri torv. Vid kramning i handen avgår endast färglöst klart vatten.
- H2 Så gott som fullständigt ohumifierad och dyfri torv, som vid kramning avger nästan klart men gulbrunt vatten.
- H3 Föga humifierad torv eller mycket svagt dyhaltig torv, som vid kramning avger tydligt grumligt vatten, men där ingen torvsubstans passerar mellan fingrarna. Kramningsåterstoden något grötig.
- H4 Dåligt humifierad torv eller något dyhaltig torv, som vid kramning avger starkt grumligt vatten. Kramningsåterstoden något grötig.
- H5 Någorlunda humifierad eller tämligen dyhaltig torv. Växtstrukturen fullt tydlig, men något beslöjad. Vid kramning passerar någon torvsubstans mellan fingrarna men dessutom starkt grumligt vatten. Kramningsåterstoden är starkt grötig.
- H6 Någorlunda humifierad eller tämligen dyhaltig torv med otydlig växtstruktur. Vid kramning i handen passerar högst 1/3 av torvsubstansen mellan fingrarna. Återstoden är starkt grötig men visar tydligare växtstruktur än den kramade torven.
- H7 Ganska väl humifierad torv eller betydligt dyhaltig torv, i vilken ännu rätt mycket av växtstrukturen kan skönjas. Vid kramning passerar omkring hälften av torvsubstansen mellan fingrarna. Om vatten avskiljs, är detta vällingartat och starkt mörkfärgat.
- H8 Väl humifierad torv eller starkt dyhaltig torv med mycket otydlig synbar växtstruktur. Vid kramning passerar 2/3 av torvsubstansen mellan fingrarna. Möjligheten avskiljs något, i så fall vällingartat vatten. Återstoden består huvudsakligen av mera resistent rottrådar och dylikt.
- H9 Så gott som fullständigt humifierad eller nästan helt dyartad torv, i vilken nästan ingen växtstruktur framträder. Nästan hela torvmassan passerar vid kramning mellan fingrarna som en homogen gröt.
- H10 Fullständigt humifierad eller helt dyartad torv, i vilken ingen växtstruktur framträder. Vid kramning passerar hela torvmassan utan avskiljande fritt vatten mellan fingrarna.

### **C.1.3 Torvens kemiska sammansättning**

Torv är en jordart som huvudsakligen består av organiskt material. Utöver det organiska materialet innehåller torv en mindre del mineralpartiklar och kemiska utfällningar. Förekomsten av de olika elementen beror på bildningssätt, underlagets egenskaper, grundvattenflöden, nederbörd och i viss mån även påverkan från luftburna partiklar (SGU 2007). Figur 1 ger en generell bild av råtorvens kemiska sammansättning. Torvens organiska sammansättning uppvisar stora variationer. Den bestäms av de ursprungliga torvbildande växternas sammansättning och av de nedbrytningsprocesser som bildats under humifieringsprocessen. De torvbildande växterna är olika motståndskraftiga mot nedbrytning. Cellulosa, hemicellulosa, övriga polysackarider och proteiner bryts ner ganska lätt. Vaxer och hartser samt lignin är däremot mycket motståndskraftiga mot nedbrytning (SGU 2007).

Normalt innehåller ohumifierad torv ca 10 % torrsubstans (TS) och med ökad humifieringsgrad ökar även halten torrsubstans (Bergner et al 1990). Generellt är grundämnena i torv ca 50 % kol, 30 % syre, 6 % väte och 2-3 % kväve. Variationen av dessa huvudämnen är mycket liten i svenska myrar. Typvärde för innehåll av aska i torv är 4,3 % av TS och av dessa är ca 22 % CaO, 3 % MgO, 2 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> och 0,3 % Na<sub>2</sub>O. Dessutom finns ett stort antal metaller i torv, bland annat koppar och zink, dessa förekommer dock normalt i mycket små mängder (Svenska Torvproducenterna 2007).



**Figur 35** Den kemiska sammansättningen hos rå torv generellt. Staplarnas storlek ger en grov bild av torvs relativa sammansättning. I fraktionen "Klasonlignin" ingår även humusämnen. Urons = uronsyror, Org = organiskt materiel, Aminos = aminosyror, Kolhyd = kolhydrater, + laddn = positiv nettoladdning, - laddning = negativ nettoladdning, Oladd = ingen nettoladdning (Bergner et al 1990).

### C.1.4 Upptagningsförmåga av metalljoner

Det är enligt (Ringqvist 2000) känt att organiskt material har en hög förmåga att binda metaller. Torv, som är ett organiskt material, har en stor reaktiv och negativt laddad yta som positivt laddade metalljoner attraheras till. Upptaget av metaller i torv sker genom adsorption<sup>4</sup>, jonutbyte<sup>5</sup> och komplexbildning<sup>6</sup>, där jonutbyte är den mest dominerade mekanismen. Studier på hur metaller upptas av torv visar olika resultat och beror bland annat av torvtyp. Andra faktorer som påverkar är pH-värde, belastningsgrad och närvaro av andra metaller. Med belastningsgrad avses vilken volym förorenat vatten som sprids ut över en torvyta och vilken föroreningskoncentration vattnet har (Brown et al 2000).

Metaller i olika förorenade vatten, till exempel dagvatten, avloppsvatten och processvatten från industrier kan ledas till och på grund av beskrivna processer bindas till torv. Så länge yttre omständigheter inte förändras kommer sannolikt ingen eller mycket lite urlakning av metaller att ske från torvmarken. Idag används torvmossor på flera ställen för att rena vatten från avfallsupplag. Uppschaktad torv används som oljeadsorbent vid till exempel läckage (Bohm 2000).

### C.1.5 Förbränningsegenskaper

Värmevärdet, den energi som kan utvinnas vid förbränning av torv med 0 % fukthalt är 20-25 MJ per kg TS. För att torven skall vara ett lämpligt bränsle bör fuktigheten vara under 50%. Torvens densitet kan variera kraftigt och beror på hur den brutits och behandlats (Mattson 1979). I tabell 20 visas densitet, fukthalt och värmevärde för frästorv, maskintorv och torvbriketter/pellets. Tekniken för brytning och behandling av frästorv och stycketorv beskrivs under C.3.1.

---

<sup>4</sup> Adsorption innebär att lösta ämnen fastnar på ytan av ett fast ämne. Torvens negativt laddade ytor binder joner med motsatt laddning och resultatet blir en fastläggning av metaller (Bohm 2000).

<sup>5</sup> Genom jonutbyte kan jonute kan adsorberade joner bytas ut mot andra joner i lösning. De joner som substitueras av metalljoner är främst  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  och  $\text{H}^+$ -joner (Bohm 2000).

<sup>6</sup> Komplexbildning är en kemisk reaktion vid vilken en metalljon i lösning reagerar med molekyler eller anjoner under bildning av ett metallkomplex (NE 2007)

**Tabell 20** Egenskaper hos olika skördad torv (Mattson 1979).

Torvtyp	Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	Fukthalt (%)	Värmevärde (MJ/kg)
Frästortv	100 – 400	45 – 60	8,4
Stycketortv	320 – 350	35	12,5
Torvbriketter och pellets	600 – 700	10 – 12	17

### C.1.6 Hur vatten binds till torv

Hur vatten binds till torv beror dels på vilka växter den bildats ur och dels vilken nedbrytningsgrad den har, även innehåll av oorganiska partiklar har betydelse för vattenbindningen. Förändringen av torvens organiska beståndsdelar vid nedbrytningen visas i tabell 21. Den mest markanta förändringen vid nedbrytningen är ökningen av humusämnen. Humusämnen påverkar till stor del torvens avvattningsegenskaper på grund av sin förmåga att adsorbera vatten (Ringqvist 1985).

**Tabell 21** Mängd organiska beståndsdelar i torv (Ringqvist 1985).

Organiska beståndsdelar	Lågförmultnad H1-2 (%)	Medelförmultnad H5-6 (%)	Högförmultnad H9-10 (%)
Cellulosa	15 – 20	5 – 15	-
Hemicellulosa	15 – 30	10 – 25	0 – 2
Lignin och liknande	5 – 40	5 – 30	5 – 20
Humusämnen	0 – 5	20 – 30	50 – 60
Bitumen (växter och hartser)	1 – 10	5 – 15	5 – 20
Kvävehaltiga ämnen (räknade i proteiner)	3 – 14	5 – 20	5 – 25

Det bundna vattnet i torv indelas enligt Ringqvist (1985) i tre grupper:

- Adsorptionsvatten, detta är på olika sätt bundet till partikelytor.
- Kapillärvatten, det vatten som p.g.a. adhesionskrafter till partikelytor och attraktionskrafter mellan vattenmolekyler hålls kvar i torvmassan.
- Kemiskt bundet vatten, vatten som ingår i kemiska föreningar.

Enligt Mattson (1979) kan rent allmän sägas att vattnets bindning i torven ser ut enligt nedan:

- 25 % är urkrämbart – vatten i porer
- 40 % är kapillärt bundet – vatten i mikropapillärer
- 25 % är kolloidalt bundet – vatten kvarhålls av kolloider t ex humusämnen
- 10 % är kemiskt bundet – vattnet kvarhålls av jonpars- och kovalenta bindningar

### **C.2 Sanering och avvattning av blöta material**

Avvattning av blöta material är inte bara en uppgift att lösa inom marksanering. Många andra material och branscher står inför liknande problem med material som innehåller mycket vatten och som behöver avvattnas. Nedan behandlas kortfattat avvattningsmetoder för avloppsslam och sediment, två material som båda behöver avvattnas innan vidare användning eller deponering.

Vid val av torkmetod måste syftet med att avskilja fast material från flytande vara klart. Beroende av vad som skall uppnås väljs den tork/avvattningsmetod som är mest lämplig att använda. Syftet kan indelas enligt nedan:

1. Syftet är att skilja vatten från den fasta fasen och ta reda på vätskan. Metoder är t.ex. pressning, centrifugering, filtrering. Används t.ex. vid jordtvätt av mineraljord för att ”tvätta” bort en förorening från en jordmassa.
2. Syftet är att torka materialet inför transport och/eller omhändertagande/förbränning. Vattnet kan avgå som gas under torkprocessen.

## Bilaga C – LITTERATURSTUDIE

Då denna studie främst syftar till att studera avvattnings- och torkmetoder i samband med sanering inriktas studierna mot punkty två ovan, det vill säga att avskilja den fasta fasen från den flytande med målet att minska fukthalten och materialets densitet.

### Avvattning av avloppsslam

Slam är en restprodukt från avloppsreningsverk som behöver behandlas för att vatteninnehåll och transportkostnader ska minska. Behandlingen består ofta av tre steg: förtjockning, stabilisering samt avvattning och görs nästan oavsett vad slammet skall användas till. Normalt innehåller slam 96-99,5% vatten innan behandling och 65-75% efter behandling (Stockholm Vatten 2007).

Förtjockningen görs enligt tre metoder, gravitations- och flotationsförtjockning eller genom centrifugering. Metoderna kan tillämpas med eller utan kemikalietillsats, kemiska medel ökar bildningen av större partikelaggregat. Som stabiliseringsmetod till det förtjockade slammet används ofta rötning. Under stabiliseringen bryts delar av det organiska innehållet ner och en stor del av patogena bakterier försvinner under hög temperatur. Den termiska behandlingen ger en koagulering av proteiner i slammet och en nedbrytning av gelstrukturen som i sin tur gör slammet lättare att avvattna (Andersson 2005).

Efter förtjockning och stabilisering avvattnas slammet enligt någon av nedan beskriven avvattningsprocess (Andersson 2005):

- Centrifugering. I en konisk/cylindrisk trumma som roterar med hög hastighet slungas slampartiklarna ut mot trumväggarna och avskiljs från vattnet.
- Filterpress. I en filterpress bildar ett antal plattor små kammare, där mellanväggarna utgörs av syntetduk. Efter fyllning av filterpressen sker en hydraulisk tryckstegring, där vattnet tvingas genom filterdukarna och partiklarna separeras.
- Vaccumfilter. I trum- eller skivfilter passerar vattnet genom fiber- eller filterduk, varvid partiklar avlägsnas. Metoden används mest för rötslam.
- Bandpress. Flockningsmedel och slam blandas och fördelas därefter på ett silband, där en filtrering sker. Detta följs av pressning över ett antal valspar.
- Avvattning med skruvpress.

## Bilaga C – LITTERATURSTUDIE

- Torkbädd. Detta var tidigare en vanlig avvattningsmetod. På dräneringsbäddar med sand, grus och makadam sprids stabiliserat slam. Vattnet dräneras och i nästa steg torkas det resterande slammet.

Torkbäddar är idag ovanliga i Sverige men används på enstaka platser. Ett exempel är Ekerödsrasten längs E22 i Skåne som har en kretsloppsanpassad avloppsanläggning. Slam från slam- och fettavskiljaren torkas där i en öppen torkbädd, figur 36, under ett års tid för att därefter mogna i kompost ytterligare ett år innan materialet används som jordförbättringsmedel (Hörby Kommun 2007).



**Figur 36** Visar den anlagda slamtorkbädden vid Ekerödsrasten, två delar används för slamtorkning och den tredje som kompostupplag (Hörby Kommun 2007).

### C.2.1 Sanering och avvattning av sediment

Av de 13 000 objekt som riskklassats enligt MIFO-modellen (förklaring sid 1) är 659 lokaliserade som sedimentobjekt. Dock saknas information om ca 70 000 förorenade områden, vilket tyder på att mängden platser med förorenade sediment uppgår till ett par tusen (SGU 2007).

Sediment också kallad sedimentär jordart är en lös avlagring som bildats på jordytan och som innan den avsatts transporterats i vatten, luft eller is. Begreppet sediment i denna rapport innebär material som avsatts i botten på sjöar, vattendrag, dammar och annat vatten. Sanering

## Bilaga C – LITTERATURSTUDIE

i sediment är relativt vanligt i Sverige och bakgrunden till att saneringar i sediment utförs är flera (SGU 2007):

- Sediment fungerar ofta som recipient för förorenings spridning.
- Sediment är en miljö från vilken spridning av föroreningar kan ske, d.v.s. kan fungera som källa.
- Ofta innehåller sediment stora mängder föroreningar spridda över stora ytor.
- Möjligheten till direktexponering för biota<sup>7</sup> är stor.
- Föroreningar spridda i sediment bidrar till en diffus spridning av föroreningar i samhället.

Sediment är ofta ett material som ofta kräver muddring, t.ex. genom grävuddring, suguddring eller pumpuddring. Suguddring innebär att sedimenten blandas med stora mängder vatten och måste avvattnas innan det kan omhändertas. Ett alternativ till de tre ovan nämnda muddringsmetoderna är frysmuddring varvid sedimentet stabiliseras med hjälp av infrysning och därefter lyfts från botten (NV 2006).

Metoder för avvattning av muddrade sediment kan delas in i tre olika huvudprinciper (Elander P):

### 1. Mekanisk avvattning

(förbehandling kan behövas, t.ex. försedimentering, förtjockning)

- Pressar t.ex. silbandpressar, högtryckssilbandpressar, kammarfilterpressar
- Centrifugering

### 2. Passiv avvattning

(ofta i kombination med tillsats av polymer som förtjockningsmedel)

- Sedimentering och dränering i anlagda dammar

### 3. Kombination av mekanisk och passiv avvattning

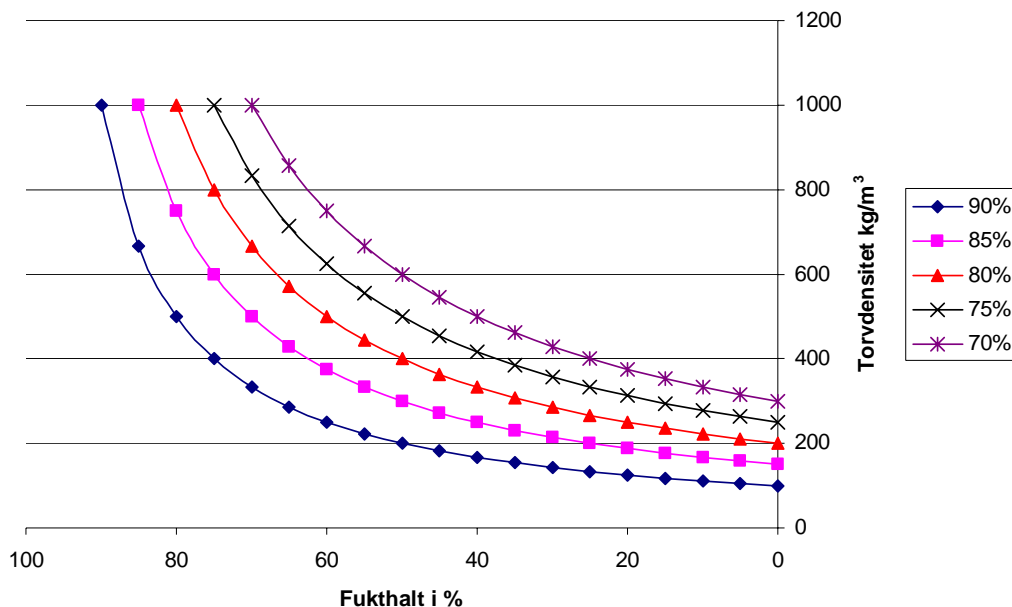
- Avvattning sker i s.k. geotuber (sedimentet pumpas in i stora tuber av geotextil som fungerar som filter, ett övertryck i rören gör att vattnet pressas ut genom textilväggarna medan sedimentet stannar kvar)

---

<sup>7</sup> Biota är den levande floran och faunan inom ett område (NE 2007).

### C.3 Torkning av torv i samband med sanering

När torv precis tagits upp innehåller den generellt mellan 80 % och 95 % vatten. Den stora andelen vatten i torv gör att den vattenmängd som måste avlägsnas blir proportionellt stor eftersom det organiska materialet väger väldigt lite. Som jämförelse skall 75 % av vattnet i torv bort för att komma ner till 50 % fukthalt om fukthalten från början var 80 %. Figur 37 visar grafiskt förhållandet mellan fukthalt och torrvikt för torv med fem olika initiala fukthalter. Det är allmänt känt sedan torv började brytas att torkningen går mycket långsamt. Det långa torkningsförloppet beror främst på torvens låga hydrauliska konduktivitet<sup>8</sup>. Förloppet går något snabbare i låghumifierad torv och i fryst torv (Hübinette P 2000).



**Figur 37** Visar hur torrvikten förändras relativt fukthalten. De olika kurvorna motsvarar olika initial fukthalt.

Torkning av förorenad torv i samband med marksanering har genomförts på ett fåtal platser. Därav är också torkning av förorenad torv ett relativt nytt problem. I detta kapitel beskrivs de skörd och avvattningsmetoder som används inom torvindustrin, därefter följer ett kapitel med möjliga avvattningsmetoder i samband med sanering följt av erfarenheter från tidigare projekt med torvsanering.

<sup>8</sup> Förmågan hos ett geologiskt material att släppa igenom vatten (Vattenportalen 2007).

### C.3.1 Skörd och avvattning inom torvindustrin

I Sverige används stora torvmarker för att producera torv för värme- och elproduktion samt för odling. Sätten att skörda torv varierar beroende på vilka produkter som efterfrågas, men många av momenten är gemensamma. Nedan beskrivs, enligt Svenska Torvproducenterna, tekniker för skörd och torkning för de tre vanligaste formerna av torv: frästortv, stycketortv och blockortv. Alla metoder börjar med att befintlig skog på torvmarken avverkas och vegetationstäcket tas bort. Därefter dikas området och på våren 1-2 år efter dikningen påbörjas skörden. Vanligen är vattenhalten 90-95 % i den odikade torvmarken och 80-85 % efter dikning (Svenska Torvproducenterna 2007).

Vid skörd av *frästortv* fräses ett 1,5-2 cm tjockt skikt av torvytan upp. Skiktet lämnas kvar på torvmarken och vänds en eller fler gånger med en speciell maskin för att påskynda torkningen. Tidigast en dag, normalt tre dagar efter fräsning är torven torr nog för att samlas ihop. Omkring tio skördecyklar med frästortv per sommar är normalt innan dagg, korta dagar och höstregn hindrar arbetet. Fukthalten på torkad frästortv varierar mellan 40-65 %. Frästortv kan vidarebehandlas i en brikett- eller pelletsfabrik och komma ner i en fukthalt på 10-15 %.

*Stycketortv* framställs i form av kompakta torvbitar med en lägre fukthalt än frästortvens. Tillverkningen sker genom att torv tas upp från ca 50 cm djup och bearbetas till en homogen plastisk massa innan den pressas ut i cylinderformade bitar som läggs på torvytan. Efter soltorkning och vändning kan torven efter cirka en månad lastas och transporteras bort, fukthalten är då 35-50 %. Två till fyra stycketortvsskördar per sommar kan produceras beroende på väderförhållanden.

Vid framställning av *blockortv* används en traditionell skördemetod. Endast kant och huvuddiken grävs, övrig dränering fås genom själva skördemetoden. Torvblock på ca 30x30x60 cm grävs upp ur mossens ytlager. De uppskurna blocken ställs på torkfält vid sidan av schakten där de får frysa över en vinter och torka följande år. När torven fryser på vintern sker en sprängning av torvens vattenfyllda porer, resultatet blir att torvens kapacitet att ta upp vatten och luft ökar. Blocken vänds någon gång under torkprocessen.

Även andra metoder inom torvindustrin används vid skörd och torkning. En skördemetod under utveckling är framställning av ministryckestortv. Tekniken bygger på att torven bearbetas kraftigt innan den formas till ministryckestortv som får en diameter på ca 20 mm efter torkning.

Metoden ger jämfört med vanlig stycketorv låga fukthalter, mindre än 20 % och har dessutom ett snabbt torkförlopp (Svenska Torvproducenterna).

Ringqvist (1984) och Ringqvist (1985) studerade torvavvattning genom frysning, pressning, torkning, kemikalietillsatser samt kombinationer av de olika metoderna för att optimera torvtorkning. Torvens avvattningsegenskaper visade sig förbättras vid frysning men enbart frysning gav endast en marginell minskning av fukthalten. Frysning följt av pressning gav minskade fukthalter jämfört med torv som inte frusit, minskningen av fukthalten var 6-20 %. Tillsats av fällningskemikalien följt av pressning visar att fukthalten kan sänkas ytterligare. För höghumifierad torv gav frysning, tillsats av fällningskemikalie och pressning en fukthalt på ca 60 %, med bara pressning blev fukthalten ca 16 %. Försöken gjordes på höghumifierad torv. Frysning följt av torkning i 22 gradig luft visar också på minskade fukthalter jämfört med torv som inte frysts. Orsaken är att ett poröst material torkar fortare och frysning ger torven en porösare struktur.

### **C.3.2 Möjliga avvattningsmetoder i samband med sanering**

De avvattningsmetoder som presenteras nedan är egna förslag samt förslag som framkommit under litteraturstudien. De metoder som föreslås är relativt enkla tekniskt sett och anses möjliga att använda vid en torvsanering, dock beroende av ett antal faktorer såsom ekonomi, tidsåtgång, tillgängliga ytor m.m.

Flera av metoderna kan tillämpas under bar himmel eller under tak samt med eller utan vändning eller omrörning. Metoderna kan också kombineras med en maskin som fördelar torven i önskad storlek.

- *Passiv sammanpressning*, en form av förbehandling. Torven läggs upp i en så kallad stack, utomhus eller under tak, på en lutande yta så att vatten från torvstacken kan rinna undan.
- *Soltorkning*, torven sprids ut på en yta och får soltorka, torven vänds med jämna mellanrum eller får ligga utan vändning. Metoden är mycket väderberoende och torkning görs med fördel under försommar/sommar.

## Bilaga C – LITTERATURSTUDIE

- *Torkning under tak*, torven sprids ut på en yta under tak. Metoden är delvis väderberoende och fungerar bättre under varma månader men skulle kunna användas under hela året. Möjlighet finns att vända torven om takhöjden är tillräckligt hög för maskiner.
- *Torkning med underliggande värmeslingor*, är en metod som innebär att värmeslingor placeras på eller under en yta. Torv sprids ut ovanpå slingorna och avvattning kan på så sätt ske genom värmeförseln underifrån. Metoden kan användas utomhus, och då kombineras med soltorkning, eller under tak. Materialet kan vändas eller låtas ligga orört. Att tänka på är att slingorna inte får vara placerade så att maskiner inte kan användas för spridning, vändning och ihopsamling av materialet.
- *Lufttorkning med fläktar*, ett tält eller en byggnad förses med stora till- och frånluftsfläktar för att ge en stor luftomsättning. Torven sprids ut i tältet och fläktar eller aggregat för varmlufttorkning används för torkning.

### **C.3.3 Erfarenheter från tidigare torvtorkningsprojekt**

Som nämnts tidigare i rapporten har endast ett fåtal saneringar i blöta material gjorts i Sverige. Därav är också erfarenheterna och lärdomarna få. En sanering i blött material som gjorts är efterbehandling av en f.d. impregneringsanstalt i Falkenberg 2001-2004. Nedan följer en kortare beskrivning av tillvägagångssätt och resultat vid torkning av blött material, torv och bark, i samband med saneringen skriven av Johansson B (2005) i Slutrapport Fegen.

Bakgrunden till saneringen var att det i början av 1900-talet bedrevs impregnering av telefonstolpar med kopparsulfat inom en fasighet i Falkenbergs kommun. Verksamheten efterlämnade ett upplag av bark med mycket höga halter av koppar. Även underliggande torv samt naturligt lagrad sand och grus hade förorenats av barken och läckte koppar till en intilliggande sjön Fegen. Total förorenad volym beräknades till ca 10 000 m<sup>3</sup>. De höga halterna koppar bedömdes utgöra ett hot mot djurlivet i sjön och beslut togs om att schakta upp de förorenade massorna och därefter använda massorna som bränsle vid ett värmeverk. För förbränning av torven krävdes att fukthalten underskred 60 %.

Innan arbetet med sanering påbörjades 2001 gjordes under 2000 en underlagsutredning för torkning/avvattning av torv och bark. Resultaten från förstudien visade att det säkraste sättet att torka torv på var att lägga uppbrutna torvblock i långtidslager (1-2 år) under minst en kall vinter. Detta är den ovan beskrivna metoden blocktorv som används inom torvbranchen.

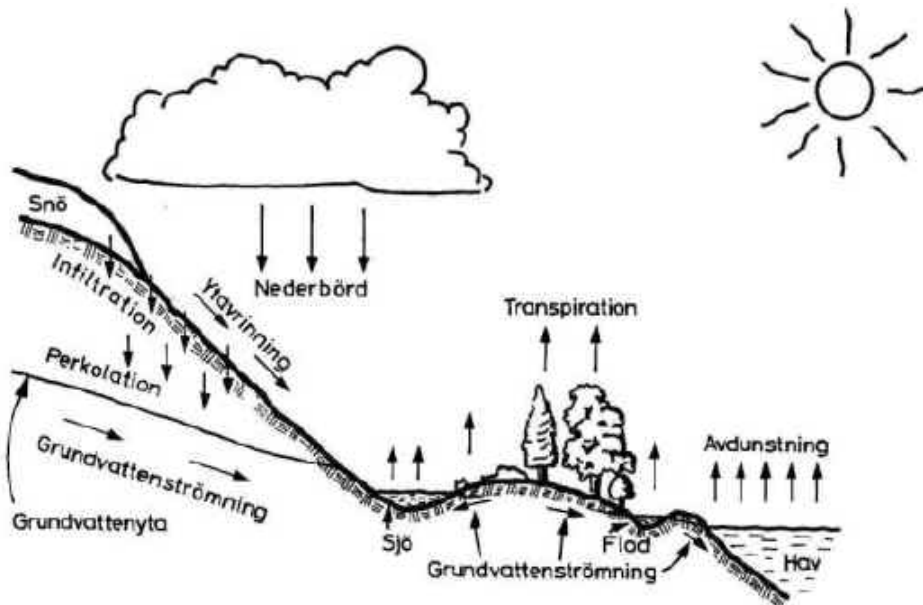
Större delen av uppschaktad bark och torv lades för mellanlagring och avrinnig på en asfaltsyta. Allt vatten som rann av från bark och torv samlades och renades i en lokal vattenreningsanläggning. Innan materialet lades upp i mellanlager höll barken en fukthalt på ca 70 % och torven mellan 80-90 %. Efter mellanlagringen gjordes torkförsök med barken genom forcerad (mekanisk) torkning under tak. Byggnaden hade bra luftomsättning och skydde barken mot nederbörd. Golvytorna bestod av betong respektive geotextil och makadam. Torkförsök med bark gjordes genom utläggning i tunna skikt på asfalt, dels genom att bark lades upp på gallerburar för att med fläktar öka genomströmningen av luft. Utläggningen och omflyttningen av högar gav ett positivt resultat med en fukthaltsminskning med ca 10-20 % medan fläkttorkningen fungerade dåligt med oförändrad fukthalt. Även försök med naturlig uppvärmning i barkstackar genomfördes. Den värmeökning som uppnåddes och som genererades genom naturlig nedbrytning av organiskt material minskade inte vattenhalten i barken.

### **C.4 Avdunstningsprocessen**

Vid soltorkning och flera andra typer av torkmetoder är avdunstning den process som gör att materialet torkar. En förståelse för avdunstningsprocessen är därför av stor betydelse och anledningen till att den behandlas i studien. Processen som beskrivs nedan bygger på avdunstning från en markyta och därav kan inte paralleller till ett uppschaktat material alltid göras.

Avdunstning, även kallad evaporation, är en process där omvandling av ett ämne sker från fast eller flytande fas till gasfas samt borttransport av ämnet i gasfas från den avdunstande ytan (NE 2007). I naturen kan avdunstning ske från växter, från jordytan eller från en öppen vattenyta. Avdunstning enbart från växter kallas transpiration, när en jordyta är delvis täckt med växter sker avdunstningen både från växterna och direkt från jorden, denna process kallas evapotranspiration. Om en jordyta helt saknar växttäckning och utsätts för mycket

strålning och vind sker avdunstning direkt från jorden. Processen kan under gynnsamma förhållanden ge upphov till stora mängder avdunstat vatten (Hillel 1980).



**Figur 38** Vattnets kretslopp i naturen, figuren modifierad efter (Knutsson & Morfeldt 1995).

För att avdunstningsprocessen skall påbörjas och sedan fortsätta krävs att tre fysiska villkor är uppfyllda. För det första måste det finnas en kontinuerlig tillförsel av energi, det krävs cirka 2,5 KJ för att avdunsta ett gram vatten vid 15°C. Energin kan komma inifrån i form av nedbrutet material eller utifrån i form av solstrålning. Det andra villkoret som måste vara uppfyllt är att ångtrycket i atmosfären ovanför den avdunstande jordytan måste vara lägre än ångtrycket precis vid jordytan. Det måste följaktligen finnas en tryckgradient mellan jordytan och atmosfären. Det krävs också att ångan kan transporteras iväg genom diffusion<sup>9</sup> eller konvektion<sup>10</sup>. De båda villkoren, energitillförsel och borttransport av vattenånga påverkas främst av yttre faktorer såsom lufttemperatur, luftfuktighet, vindhastighet och solstrålning. Det tredje villkoret är att det måste vara en kontinuerlig tillförsel av vatten från de djupare delarna av jordlagren till den yta där avdunstningen sker, det vill säga att vatten transporteras från den mättade zonen till den omättade zonen. Denna vattentransport beror av jordens vatteninnehåll samt av dess konduktiva egenskaper. Tillsammans avgör de den maximala

<sup>9</sup> Diffusion är en spontan transport på molekylär nivå som äger rum när något, oftast gaser eller vätskor, med en egenskap skilt från omgivningen sprids, blandas och jämnas ut (NE 2007).

<sup>10</sup> Konvektion är rörelser i gaser och vätskor som orsakas av att densiteten, d.v.s. tyngden, varierar mellan gasens eller vätskans olika delar (NE 2007).

## Bilaga C – LITTERATURSTUDIE

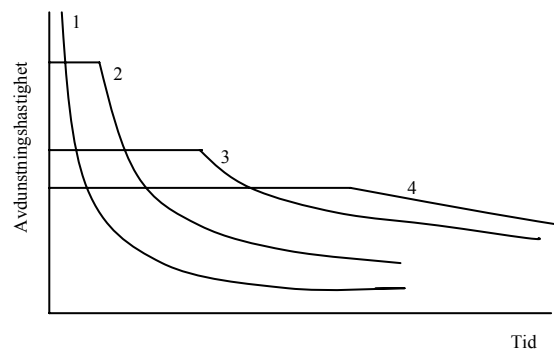
hastigheten med vilken jorden kan transportera vatten från de djupare jordlagren ut mot avdunstningsytan. På så sätt beror den faktiska avdunstningen antingen av de yttre faktorerna eller av jordens egen förmåga att transportera vatten, varav den senare ofta är den begränsande faktorn (Hillel 1980).

Kontinuerlig avdunstning från jordytan är inte ett speciellt vanligt, istället är det ofta ostadiga väderförhållanden som resulterar i en torkning av jordytan. Avdunstningen är olika beroende av om man har en grundvattenyta att ta hänsyn till eller inte. Nedan beskrivs, i tre steg, torkprocessen i en jord där inget grundvatten påverkar avdunstningen. De yttre faktorerna kan anses konstanta (Hillel 1980).

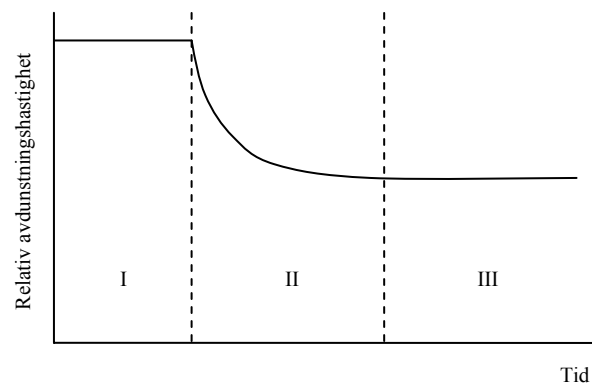
1. Inledande steg med *konstant avdunstning (constant-rate stage)*. Detta första steg i torkprocessen sker när jorden är våt och tillräckligt konduktiv för att transportera vatten till ytan i samma takt som avdunstningen sker. Under detta steg är avdunstningshastigheten begränsad av yttre meteorologiska faktorer, t.ex. strålning, vind, luftfuktighet m.m. Detta steg kan pågå från endast ett fåtal timmar till flera dagar.
2. Mellansteg med *avtagande avdunstning (falling-rate stage)*. Under detta steg avtar avdunstningen progressivt till att bli mindre än vad som potentiellt skulle kunna avdunsta eller förångas. Detta steg är begränsat av den hastighet med vilken den gradvis torkande jorden kan transportera vatten från djupare delar upp till avdunstningsytan. Detta steg pågår ofta under betydligt längre tid än det första steget.
3. Sista steg med *långsam avdunstning (slow-rate stage)*. Detta steg som har en mycket långsam och konstant avdunstning kan fortgå under flera dagar, veckor eller till och med månader. Det uppkommer då jordytan blivit så uttorkad att fukt eller vattentransport genom den upphört. Vattentransport genom det uttorkade ytlagret sker då främst genom en långsam process med ångdiffusion.

Under det första steget, när jordytan gradvis torkar ut, transporteras vatten mot avdunstningsytan. Avdunstningshastigheten kan behållas nästan konstant så länge som fuktgradienten mot ytan kompenserar för den minskade hydrauliska konduktiviteten som

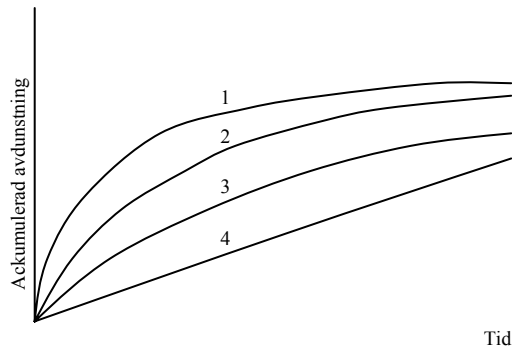
resulterar av det minskade vatteninnehållet. Förr eller senare kommer däremot jordytan att nå en jämvikt med den ovanliggande atmosfären (d.v.s. att jordytan får samma fuktighet som luften). Från och med när den jämvikten inträffar så kommer fuktgradienten mot ytan inte att öka mer utan kommer istället att minska då jorden med djupet förlorar mer och mer fukt. På grund av att avdunstningen fortsätter kommer både gradienten och konduktiviteten på varje djup att minska vid samma tid. Resultatet blir att flödet mot ytan och avdunstningen kommer att minska, figur 38-40 (Hillel 1980).



**Figur 39** Relation mellan avdunstningshastighet och tid. De fyra olika kurvorna är i ordning, från 1-4, med minskande initial avdunstningshastighet.



**Figur 40** Relation mellan relativ avdunstningshastighet (den faktiska hastigheten i förhållande till den potentiella hastigheten) och tiden. De tre stegen i torkningsprocessen finns utritade i figuren.



**Figur 41** Relation mellan ökande (ackumulerad) avdunstning och tid. Kurvorna 1-4 representerar i ordning en minskande initial avdunstningshastighet.

#### C.4.1 Beräkning av avdunstning

Avdunstning från fria vattenytor, snö och is kan relativt enkelt mätas, det är dock betydligt svårare att bestämma avdunstningen från markytor med varierande vegetations- och markförhållanden.

På grund av svårigheten i att dela upp de olika vattenförlusterna beräknas istället ofta den totala avdunstningen, d.v.s. avdunstning från mark och vatten samt växternas transpiration. Direkta mätningar av den verkliga, totala avdunstningen har endast gjorts i forskningssyfte inom mindre områden i Sverige. Däremot har medelavdunstningen översiktligt beräknats för olika delar av Sverige såsom skillnaden mellan nederbörd och avrinning. Evapotranspirationen har på så vis beräknats vara i medel 450-500 mm i Syd- och Mellansverige. I norr är evapotranspirationen mindre och i fjälltrakterna omkring 100 mm per år (Knutsson & Morfeldt 1995).

Med utgångspunkt från kända data om medelvärden av nederbörd, avrinning och temperatur har det visat sig att lufttemperaturen är den helt dominerande av faktorerna som påverkar avdunstningen. Tamms formel, formel 1, uttrycker på ett empiriskt<sup>11</sup> sätt sambanden mellan temperatur och avdunstning (Knutsson & Morfeldt 1995).

<sup>11</sup> Ett empiriskt samband innebär ett samband grundad på erfarenhet. Ett samband sägs vara empiriskt när det inte är underbyggt av teoretiska överväganden utan endast bygger på erfarenhet (NE 2007).

## Bilaga C – LITTERATURSTUDIE

$$A = 221,5 + 29T$$

Formel 4

$A$  = Total avdunstning (mm)

$T$  = Årsmedellufttemperatur (grader C)

Eftersom beräkningarna utgått från okorrigerade nederbördssiffror blir avdunstningsvärdet underskattat. Det avser emellertid den genomsnittliga, verkliga evapotranspirationen. Den så kallade potentiella evapotranspirationen innebär istället den maximala vattenmängd som kan avdunsta vid god vattentillgång under rådande väderleksförhållanden. Den kan beräknas teoretiskt med hjälp av Penmans ekvation som tar hänsyn till främst nettostrålning, lufttemperatur, luftfuktighet och vindhastighet. Denna formel skall dock enligt Knutsson & Morfeldt användas med försiktighet, speciellt på beväxta ytor och i arida områden<sup>12</sup>, då skillnaden mellan den potentiella och den verkliga avdunstningen kan vara stor (Knutsson & Morfeldt 1995).

---

<sup>12</sup> Arida områden är områden där nettonederbörden är negativ, d.v.s. att avdunstningen är större än nederbörden (Knutsson & Morfeldt 1995).